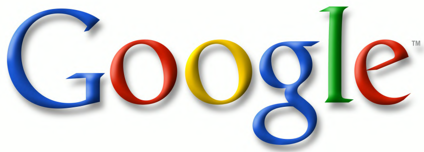
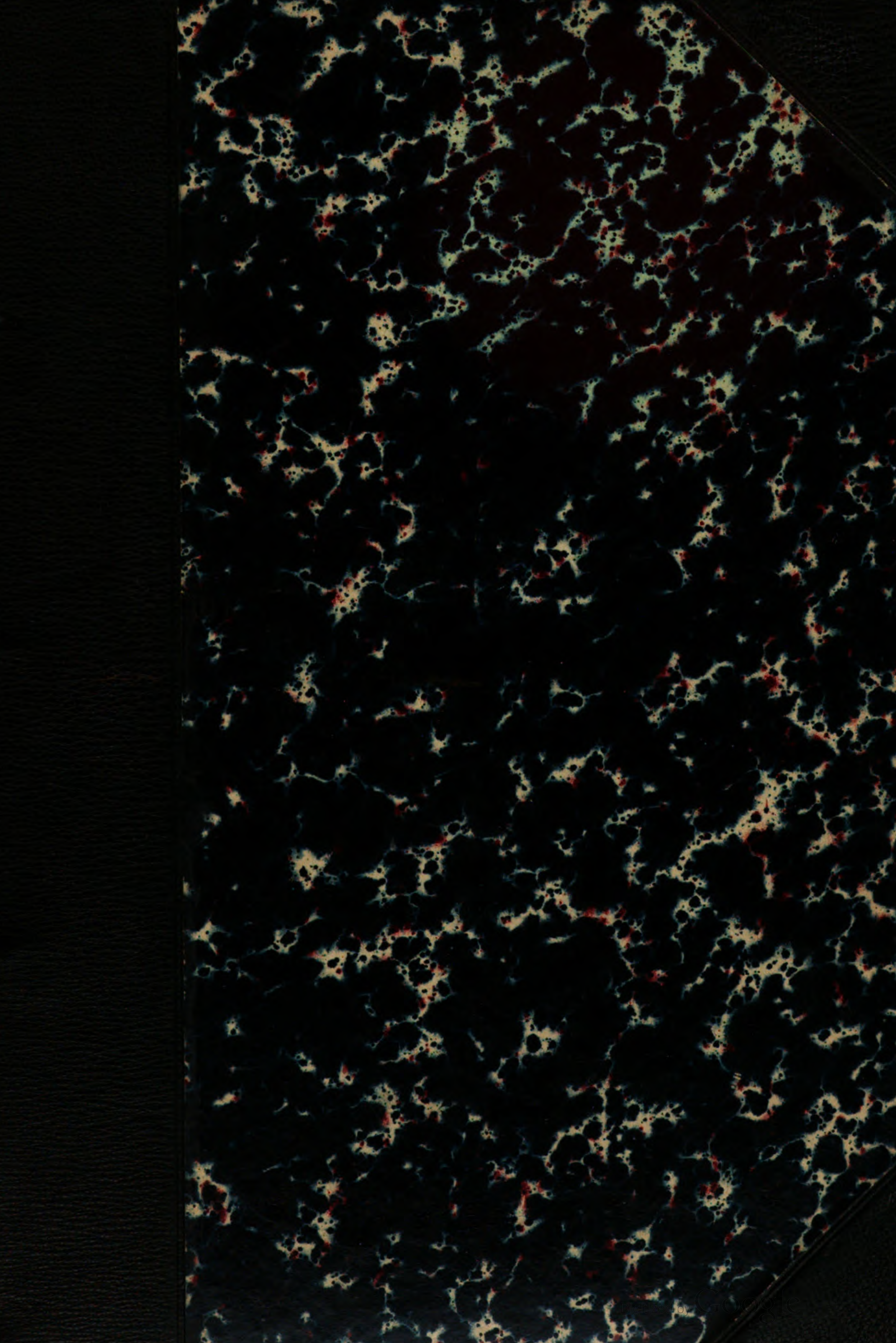





SIGILLVM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV ANG
VE RI TAS
CHRISTO ET ECCLESIAE

ANATOMISCHE HEFTE.

BEITRÄGE UND REFERATE

ZUR

ANATOMIE UND ENTWICKELUNGSGESCHICHTE.

UNTER MITWIRKUNG VON FACHGENOSSEN

HERAUSGEGEBEN VON

FR. MERKEL UND **R. BONNET**

O. Ö. PROFESSOR DER ANATOMIE IN GÖTTINGEN. O. Ö. PROF. DER ANATOMIE IN GREIFSWALD

ERSTE ABTEILUNG.

ARBEITEN AUS ANATOMISCHEN INSTITUTEN.

74. HEFT (24. BAND).

MIT 4 TAFELN UND 37 FIGUREN IM TEXTE.

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1904.

Druck der kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Inhalt.

Inhalts-Verzeichnis.

II. Teil.

ANATOMISCHES INSTITUT DER KGL. UNIVERSITÄT ZU PADUA, PROF. BERTELLI.

DIE
BLUTGEFÄSSE DES RÜCKENMARKS.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER IHRE VERGLEICHENDE ANATOMIE UND ENTWICKELUNGSGESCHICHTE.

VON

GIUSEPPE STERZI,
ASSISTENT.

ÜBERSETZT VON E. KIRBERGER, FRANKFURT A. M.

Mit 39 Abbildungen auf den Tafeln I—IV und 37 Figuren im Texte.

Einleitung.

Die Verteilung der Blutgefässe im Centralnervensystem ist bei den Wirbeltieren, mit Ausnahme des Menschen, beinahe vollständig unbekannt.

Die Untersuchungen von M. Hofmann (1900—01), welche das vollständigste darstellen, was wir in Bezug auf diesen Teil der vergleichenden Anatomie besitzen, und welche ich im Verlauf meiner Arbeit oft zu erwähnen haben werde, beschränken sich auf die gröbsten der oberflächlichen Gefässe und besonders auf die des Gehirns — ohne darauf einzugehen, wie sich die Gefässe auf diesem Organ verzweigen und in dessen Innerem verteilen. Und doch kann die Untersuchung dieser Verhältnisse nicht ohne Interesse sein, da der Gedanke nahe liegt, dass die Verteilung der Blutgefässe abhängig ist von der bei den einzelnen Tierklassen so verschiedenen Struktur des Nervensystems.

Wenn so schon unsere Kenntnisse über die vergleichende Anatomie unvollständig sind, so sind sie es noch mehr in Bezug auf die Entwickelungsgeschichte, über welche, wenn man vom Menschen absieht, niemals besondere Untersuchungen angestellt worden sind.

Im ersten Teile einer Arbeit von mir über die vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Meningen (1901), auf die ich mich beziehe, wenn ich diese Membranen erwähnen muss, habe ich einige Angaben gemacht über die Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Blutgefässe der Meninx, welche unmittelbar das Rückenmark umgiebt. Zweck der vorliegenden Arbeit ist, diese kurzen Angaben zu erweitern und zwar ausgehend von den Gefässen des Rückenmarks als demjenigen Teil

des Nervensystems, der bei allen Wirbeltieren am wenigsten kompliziert ist.

Die Arbeit ist in zwei Teile eingeteilt; im ersten wird die vergleichende Anatomie dieser Gefässe behandelt werden, im zweiten wird deren Entwickelung untersucht.

Der erste Teil wird weiter eingeteilt in sechs Kapitel entsprechend der Zahl der untersuchten Tierklassen; der zweite Teil besteht nur aus fünf Kapiteln, da mir das Fehlen des Materials nicht gestattete, die Untersuchungen auch auf die Cyklostomen auszudehnen. Die Kapitel bestehen aus verschiedenen Paragraphen, in deren jedem Tiergruppen mit ähnlichen Verhältnissen untersucht werden. Die Paragraphen entsprechen meistens Ordnungen oder Unterklassen.

Die Paragraphen beginnen mit den Litteraturangaben, dann folgt die Beschreibung der Gefässe bei den verschiedenen Arten, besonders ausführlich bei einer, die als Typus ausgewählt wurde. Es wird mit den Arterien begonnen und dann zu den Kapillaren und Venen übergegangen; eine kurze Zusammenfassung der gefundenen Verhältnisse bildet den Schluss.

Die Kapitel schliessen dann mit einer Nebeneinanderstellung der in den verschiedenen Paragraphen beschriebenen Eigentümlichkeiten, mit einer Nebeneinanderstellung dieser Eigentümlichkeiten mit denen der vorhergehenden Klassen und mit den Schlüssen, die sich daraus ziehen lassen.

Allgemeine Betrachtungen, die sich bei einem Überblick über die Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Rückenmarksgefässe aller Wirbeltiere ergeben, werden den Schluss eines jeden Teiles der Arbeit bilden.

Die angewandte Technik wechselt von Klasse zu Klasse und wird deshalb in der Einleitung eines jeden Kapitels kurz angegeben.

Was die Nomenklatur der Tiere betrifft, so wurden die von Leugnis vorgeschlagenen Namen gebraucht.

I. Teil.

Vergleichende Anatomie.

Kapitel 1.

Cyclostomata.

Wenn man absieht von den Bemerkungen Nansens (S. 30), Ahlborns (S. 288) und Renauts (II, 760), dass sich die Blutgefässe des Rückenmarks der Cyklostomen nur in der Meninx primitiva finden, wo sie ein aus unregelmässig polygonalen Maschen zusammengesetztes Netz bilden, dann ist die Art der Verteilung dieser Gefässe völlig unbekannt. Für das Studium derselben habe ich grosse Exemplare von Petromyzon marinus L. mit chinesischer Tusche injiziert, indem ich die Masse durch die Aorta caudalis einspritzte und durch die Venen ausfliessen liess.

Arterien. — Die Arterien, welche sich an dem Rückenmark verteilen, entspringen nach Julin (S. 786) von den Arteriae parietales (in der Kiemenregion können sie auch direkt von der Aorta abgehen). Anstatt dass sie, wie dieser Verfasser glaubt, aussen von den Intervertebralganglien zwischen diesen und der äusseren Fläche des Wirbelkanals aufhören, dringen sie in den Kanal, der von der Endorhachis gebildet wird, zusammen mit den ventralen Nerven; sie durchziehen, nachdem sie dieser Membran einige Zweige gegeben haben, zusammen mit den genannten Nerven, das Stratum perimeningeum und teilen sich dann, nachdem sie die Meninx primitiva an den lateralen Rändern des Rückenmarks erreicht haben, in ihre Endäste. Da sie sich an die Endorhachis, die das innere Periost des Wirbelkanals bei allen Wirbeltieren

bildet, und an das Rückenmark verteilen, scheint es mir angebracht zu sein, diesen Arterien den Namen Arteriae vertebro-medullares zu geben[1]). Sie wechseln mit den gleichnamigen Venen in der Weise ab, dass jeder Arterie auf der rechten Seite eine Vene auf der linken Seite und umgekehrt entspricht; nicht immer jedoch ist diese Anordnung so deutlich und regelmässig und das kommt von der häufigen Unregelmässigkeit des Ursprungs der Spinalnerven, die von Julin nachgewiesen worden ist; diese Unregelmässigkeit bringt mit sich eine Unregelmässigkeit des Durchtritts der Gefässe in den Kanal der Endorhachis.

Es giebt zwei Endäste der Aa. vertebro-medullares, einen ventralen und einen dorsalen.

Die Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium (Taf. I, Fig. 1, R. v.) sind die dickeren und bilden sozusagen ihre direkte Fortsetzung; sie wenden sich gegen die Medianlinie und geben, sobald sie die ventrale Verdickung der Meninx erreicht haben, einen deutlichen kranialen und kaudalen Ast ab, die nach mehr oder weniger gewundenem Verlauf mit ähnlichen Asten der Nachbararterien zusammenfliessen. Nachdem er sich auf diese Weise ver-

1) In den Werken der menschlichen und vergleichenden Anatomie, auch in den neueren, und in der „anatomischen Nomenklatur" (S. 70—71) sind diese Arterien mit dem Namen Aa. s. Rr. spinales bezeichnet. Die Bezeichnung spinalis ist jedoch unzutreffend, da sie sich nur in sehr sekundärer Weise an die Wirbelsäule (Spina, Spina dorsi der Alten) verteilen, sondern vielmehr fast ausschliesslich das Rückenmark mit Blut versorgen. Während Adamkiewicz (1882), der die Gefässe des menschlichen Rückenmarks studiert hat, ihnen den oben erwähnten Namen giebt, möchte desshalb Kadyi (S. 24), der mit äusserster Sorgfalt diese Verhältnisse untersucht hat, ihnen die Bezeichnung Aa. nervo-medullares geben. Diese Benennung hat jedoch kein Glück gehabt, da man diese Arterien ja in der „anatomischen Nomenklatur" weiter Spinales nennt; das kommt vielleicht daher, dass die von Kadyi gebrauchte Bezeichnung nicht vollkommen genau ist, da sich diese Arterien ausser an das Rückenmark und die Nervenwurzeln auch an die Endorhachis verteilen, die das innere Periost der Wirbel ist. Hofmann (1900, S. 249) nennt sie Aa. nervorum spinalium. Diese Bezeichnung wird zwar den Beziehungen gerecht, welche zwischen ihnen und den Spinalnerven bestehen, berücksichtigt jedoch nicht die Art ihrer Verteilung; sie verteilen sich in der That nicht sicher an die Spinalnerven. Aus diesen Gründen scheint mir der Name Aa. vertebro-medullares passender zu sein.

zweigt hat, setzt der R. ventralis alsbald mit beträchtlich vermindertem Kaliber seinen Lauf fort, zieht über die obengenannte Verdickung, so dass er an deren gegenüberliegenden Rand gelangt, und endet dann, indem er sich in zwei Äste teilt, einen kranialen und einen kaudalen, die ebenfalls mit ähnlichen Ästen der Nachbararterien anastomosieren; andere Male sind es dagegen von dem kranialen und kaudalen Ast eines jeden R. ventralis kommende Queräste, die sich in dieser Weise verhalten (vgl. Taf. I, Fig. 1). Auf diese Weise bilden sich auf jeder Seite der ventralen Verdickung der Meninx zwei longitudinale anastomosierende Ketten, die wir Tractus arteriosi primitivi (Taf. I, Fig. 1, T. a. p., und Fig. 1 im Text) nennen wollen, und die 0,13—0,16 mm, d. h. soviel als die Meninxverdickung beträgt, voneinander entfernt sind und durch transversale oder schräge Äste miteinander in Verbindung stehen. Manchmal ist eine dieser Ketten hervorragend entwickelt; ausserdem teilt sich der R. ventralis Aa. vertebro-medullarium nicht immer genau an dem Rand der Verdickung, sondern in wechselnder Entfernung von demselben — manchmal in der Höhe des Ursprungs der Ventralnerven — und seine Verzweigungen wenden sich dann schräg gegen die Medianlinie, um an der Bildung der Anastomosenketten teilzunehmen (Taf. I, Fig. 1, R. v'.). Zuweilen verliert sich auch der R. ventralis einer A. vertebro-medullaris, kurz nachdem er entstanden ist, in dem Netz der Meninx; in diesem Fall wird die Kontinuität der Tractus arteriosi primitivi durch einen kleinen lateral von der Verdickung gelegenen longitudinalen Stamm aufrecht erhalten oder auch von dem Netz der Meninx primitiva gebildet.

Von den Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium und von den Tractus arteriosi primitivi lösen sich zahlreiche kleine Gefässe ab, die im Mittel einen Durchmesser von 20—40 μ haben und Kapillarstruktur zeigen; nach kurzem Verlauf teilen sie sich ihrerseits in neue Kapillaren, die jedoch dasselbe Kaliber beibehalten wie die vorigen; die neuen Kapillaren teilen sich dann in derselben Weise, und gleichzeitig anastomosieren alle die zahlreichen so entstandenen Verzweigungen mit

ihren Nachbarn, so dass sie an der ventralen Oberfläche der Medulla ein dichtes Kapillarnetz mit polygonalen, an den Ecken abgerundeten Maschen von verschiedener Weite bilden; diese Maschen sind um so weniger weit je näher sie der Medianlinie sind. Da die Kapillaren nur von den Seiten der ventralen Anastomosen abgehen, so ergiebt sich, dass beim Betrachten des ventralen Teils einer injizierten Meninx primitiva von Petromyzon ein medianer Streifen von 0,13–0,16 mm Breite hervortritt, in dem das Kapillarnetz fehlt; dieser Streifen, der alle 0,5—1 mm durch starke Queräste unterbrochen wird, entspricht der ventralen Verdickung der Meninx. Dieses Verhalten wird durch die folgende Figur veranschaulicht:

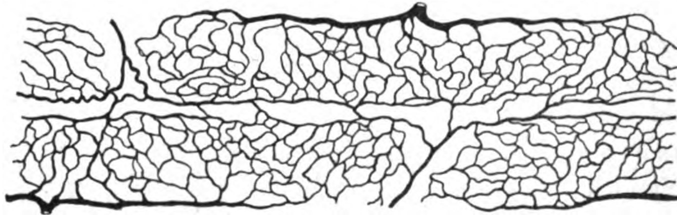


Fig. 1.

Gefässe der ventralen Fläche des Rückenmarks von Petromyzon marinus, 12fache Vergr. (Injektion mit chinesischer Tusche). Links oben und rechts unten zwei Rr. ventrales aa. vertebro-medullarium, die in der Mitte der Figur die Tractus arteriosi primitivi bilden; von diesen entspringt das Kapillarennetz, das in die Vv. intravertebrales mündet.

Die Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium (Taf. I, Fig 2, R. d.) verzweigen sich nach kurzem Verlauf in drei oder vier Äste, die sich in ein Kapillarnetz auflösen, das dem der ventralen Oberfläche ähnlich ist, aber 3—4 mal weitere Maschen besitzt und viel weniger ausgedehnt ist, da es die dorsale Medianlinie niemals überschreitet (Fig. 2 im Text).

Venen. — Das Blut, das in dem Kapillarnetz der ventralen Oberfläche der Medulla cirkuliert hat, ergiesst sich seitlich in dünne Venen, die man ohne Schwierigkeit von den Kapillaren unterscheiden kann, da sie ein grösseres und weniger regelmässiges Kaliber haben; sie fliessen in dickere Gefässe zusammen, und diese münden zuletzt in zwei Längsströme: Vv. intra-

vertebrales, die im perimeningealen Gewebe an den Rändern des Rückenmarks zwischen den ventralen und dorsalen Nerven gelegen sind (Taf. I, Fig. 1, V. i., und Fig. 1 im Text). Von den Vv. intravertebrales trennen sich die Vv. vertebro-medullares ab, die sich, nachdem sie aus dem Kanal der Endorhachis herausgetreten sind, mit den Venen vereinigen, die das Blut aus dem entsprechenden dorsalen Muskelsegment sammeln und so die dorsalen Wurzeln der Vv. parietales bilden.

Während die ventrale Fläche des Rückenmarks beinahe ausschliesslich von Arterien und arteriellen Kapillaren durch-

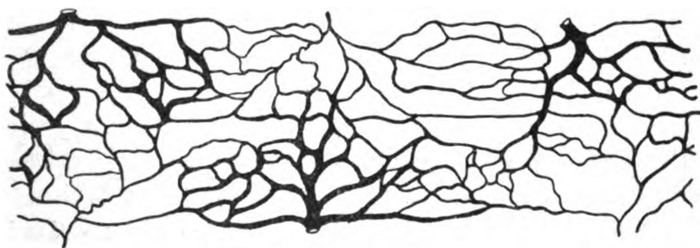


Fig. 2.

Gefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Petromyzon marinus, 12fache Vergr. (Injektion mit chinesischer Tusche.) In der Mitte der oberen Seite der Figur und an den Enden der unteren Seite sieht man drei Rr. dorsales aa. vertebromedullarium; aus dem Netze, das aus ihnen entsteht, gehen die Venen hervor.

strömt wird (Taf. I, Fig. 1), ist die dorsale beinahe ausschliesslich von einem Venennetz eingenommen (Taf. I, Fig. 2). Die spärlichen Kapillaren, welche von den Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium herrühren, gehen nämlich in ein Netz von Gefässen über, welche noch die Struktur der Kapillaren zeigen aber kein regelmässiges Kaliber haben, da man an ihnen häufig und verschieden gestaltete Erweiterungen und oft auch wahre Lagunen beobachtet. Die Maschen dieses Netzes sind im allgemeinen polygonal mit abgerundeten Ecken. Ihre Flächenausdehnung ist gut doppelt so gross als diejenige des ventralen Netzes. Längs der dorsalen Medianlinie bemerkt man an eine Reihe von Kapillaren, die sich von dem übrigen Netz

durch ihre Regelmässigkeit unterscheiden. Von diesem Netz gelangt man stufenweise zu Venen, die sich schliesslich in die oben beschriebenen Vv. intravertebrales ergiessen. Die Figur 2 im Text dient zur Veranschaulichung der eben beschriebenen Verhältnisse.

Während die Meninx primitiva so reich an Gefässen ist, entbehrt die Nervensubstanz solcher vollständig, denn, wie Nansen, Ahlborn, Renaut richtig bemerken, dringen die Gefässe der Meninx nicht in das Rückenmark. Dessen Ernährung erfolgt daher in indirekter Weise von den Gefässen, die es umgeben; der Reichtum an Kapillarmaschen und die Erweiterungen im Verlauf der Venen, welche eine grosse Verteilungsfläche hervorbringen, sind ohne Zweifel in Beziehung zu bringen mit dieser besonderen Art der Ernährung der Medulla.

Die Gefässversorgung des Rückenmarks der Cyklostomen geschieht demnach noch in sehr unvollkommener Weise, nämlich mittelst eines Gefässnetzes, das in der Meninx primitiva liegt. In Bezug auf dieses Netz verdient hervorgehoben zu werden das Vorhandensein der Tractus arteriosi primitivi, die zur Seite der ventralen Verdickung liegen, und das Vorhandensein jene Venenreihe, die längs der Linea mediana dorsalis gelegen; alle von Gefässen gebildet werden, die in regelmässiger und ununterbrochener Reihe, eins hinter dem anderen liegen, so dass sie eine erste Andeutung jener arteriellen und venösen Bahnen darstellen, die sich viel regelmässiger ausgebildet bei fast allen anderen Wirbeltieren finden. Diese Anastomosen haben die Aufgabe die Blutverteilung längs des ganzen Rückenmarks gleichmässig zu gestalten, indem sie auf diese Weise den Übelstand beseitigen, den der segmentäre Charakter, den die Aa. vertebro-medullares zeigen, mit sich bringt. Dieser Aufgabe werden sie in Wirklichkeit nur in geringem Masse gerecht, da, wie ich oben beschrieben habe, im Rückenmark der Cyklostomen Segmente, die mit arteriellem Blut bespült werden, mit Segmenten, die von venösem Blut durchflossen werden, abwechseln.

Die Metamerie der Aa. vertebro-medullares, und deshalb auch die durch diese bedingte Metamerie der Venen, ist nicht nur sehr deutlich ausgesprochen in den Gefässstämmen, sondern erhält sich auch an deren Verzweigungen.

Kapitel 2.

Pisces.

Die Gefässe des Rückenmarks der Fische sind wenig bekannt und das wenige, was man weiss, betrifft ausschliesslich die Rückenmarkgefässe der Elasmobranchii. Der Ganoidei und Teleostei wird in dieser Beziehung von keinem Autor Erwähnung gethan. Ich habe diese Gefässe getrennt für jede der drei Ordnungen der Klasse der Fische untersucht.

§ 1.

Elasmobranchii.

In Bezug auf die Rückenmarksgefässe der Elasmobranchii finden sich sehr spärliche Angaben, und diese beziehen sich nur auf die oberflächlichen Gefässe; Hofmann (1900 S. 250—253, 1901 S. 242—250), der bei Acanthias vulgaris und bei Raja clavata die Arterien und die Venen der Meninx primitiva und bei Raja batis die Venen untersucht hat, giebt eine sehr kurze Beschreibung davon; Rex hat in seiner Arbeit über die Centralvenen der Elasmobranchii seine Untersuchungen auf die oberflächlichen Venen des Rückenmarks ausgedehnt.

Ich werde die Medullargefässe der Haie und Rochen getrennt beschreiben, weil, wie man im Laufe der Arbeit sehen wird, zwischen beiden bedeutende Unterschiede bestehen; von den ersteren habe ich die Gefässe von Acanthias vulgaris Risso, Mustelus laevis Risso und Scyllium canicula Cuv., von den zweiten die von Torpedo marmorata Risso,

Torpedo narce Risso, Raja miraletus L., Raja clavata L. und Trygon pastinaca Cuv. untersucht.

Die Injektion der Medullargefässe der Fische liess sich nur schwer erreichen. Wenn man die Masse vom Herzen aus einspritzt, kann man nicht den nötigen Druck anwenden wegen der Leichtigkeit, mit der die Kapillaren der Kiemen zerreissen, worauf bereits Hyrtl (1858, S. 31) mit Recht hingewiesen hat; mit der Injektion der A. coeliaco-mesenterica oder der A. mesenterica anterior, die Hyrtl (S. 31) angewendet hat, und mit derjenigen der A. gastrica anterior, die Parker (S. 722) anrät, gelingt es fast nie die Masse, wenn sie auch noch so leichtflüssig ist, in den Vertebralkanal zu treiben; die einzige Methode, die mir gut gelungen ist, ist die von Mayer (S. 309—310) vorgeschlagene, die darin besteht, dass man die Masse (gesättigte Lösung von Berlinerblau, flüssige chinesische Tusche) direkt durch die Aorta in die Arterien einspritzt unter Beobachtung aller Vorsichtsmassregeln, die dieser Autor anrät. Mit dieser Methode gelingt es, wenn man die Masse längere Zeit unter geringem Druck einspritzt (eine Spritze mit Schraubengang eignet sich am besten dazu) nach einigen erfolglosen Versuchen die gefärbte Flüssigkeit aus den Kapillaren in die Venen gelangen zu lassen. Jedenfalls ist es nötig, dass das Material ganz frisch, kaum getötet ist, einerseits weil das Blutgerinnsel in den Gefässen, wie Mayer (S. 311) richtig bemerkt, das Vordringen der injizierten Flüssigkeit aufhalten würde, andererseits weil es nötig ist, dass die Masse mit Leichtigkeit vordringt ohne irgend einem Hindernis, welches eine Vermehrung des intravasalen Druckes hervorbringen würde, zu begegnen; denn die Gefässwände der Meninx sind äusserst zart und würden bei der geringsten Vermehrung des Druckes zerreissen.

Squalidae.

1. Acanthias vulgaris.

In Bezug auf die Gefässe des Rückenmarks bei Acanthias vulgaris verdanken wir unsere Kenntnisse, die sich einzig und allein auf die Gefässe der Meninx primitiva beziehen, den Unter-

suchungen Hofmanns. Nach diesem Autor werden die Arterien (1900, S. 250) von einem verhältnismässig kräftigen Tractus spinalis ventralis gebildet, der längs der Medianlinie verläuft und kleine Maschen in seinem Verlauf zeigt, in die sich von Strecke zu Strecke die ventralen Äste der Aa. nervorum spinalium ergiessen, und der centrale Zweige in die Meninx sendet; dorsal finden sich zwei dünne Tractus spinales dorsales, die in ihrem Verlauf oft unterbrochen sind und von den dorsalen Zweigen der Aa. nervorum spinalium gebildet werden. Was die Venen (1901, S. 245) bei dem von Hofmann untersuchten Exemplar angeht, so beobachtete Hofmann einen sehr kurzen und dünnen Tractus venosus spinalis dorsalis; im übrigen fand er kleine venöse, dorsal mehr entwickelte Zweige, welche aus dem Vertebralkanal entweder dicht bei den Nerven oder zwischen ihnen austreten.

Ich habe die Gefässe des Marks bei zehn ausgewachsenen Exemplaren von Acanthias untersucht; indem ich der im Anfang gegebenen Disposition folge, werde ich zuerst die Arterien, dann die Kapillaren und zuletzt die Venen beschreiben.

Arterien. — Aa. vertebro-medullares. — Diese Arterien dringen zusammen mit den ventralen Wurzeln in den Vertebralkanal ein, legen sich auf die dorsale Oberfläche dieser Wurzel, entsenden spärliche Zweige nach der Endorhachis, durchziehen das perimeningeale Gewebe, und teilen sich, sobald sie die Meninx erreicht haben, in zwei Äste, einen dickeren ventralen, der die direkte Fortsetzung des Stranges ist, und einen sehr dünnen dorsalen (Taf. IV, Fig. 1, A. vm.). Nicht jede ventrale Wurzel ist von einer Arterie begleitet.

Der R. ventralis (Taf. I, Fig. 3, R. v.) geht zwischen den Ursprungsbündeln des gleichnamigen Nerven hindurch, zieht transversal über die ventrale Fläche des Marks und mündet im rechten Winkel in einen grossen Strang, der längs der Medianlinie gelegen ist, und dem ich den Namen A. medullaris geben will[1]).

[1]) Durch die Untersuchungen von Adamkiewicz über die Gefässe des menschlichen Rückenmarks, war diese Arterie beim Menschen und einigen

Während seines Verlaufs giebt dieser Ast kraniale und kaudale Ästchen ab, von denen die ansehnlicheren sich direkt medial von der Linie finden, in welcher die ventralen Wurzeln hervortreten.

---

anderen Wirbeltieren unter dem Namen A. spinalis anterior s. antica s. inferior bekannt. Adamkiewicz (1882, S. 115) behauptet, dass es wenigstens beim Menschen keine Arterie im Sinne eines einzigen Gefässes, das sich längs des ganzen Rückenmarks erstreckt, giebt, wohl aber eine Verästelung der ventralen Zweige der Aa. vertebro-medullares (Aa. spinales Adamkiewiczs); deshalb nennt er sie Anastomosis spinalis antica. Kadyi (S. 24—25) setzt mit Recht an Stelle dieser Bezeichnung den Namen Tractus arteriosus anterior medullae spinalis, und Hofmann (1900, S. 249) hat diesen Namen auf alle Wirbeltiere ausgedehnt. Wenn auch viele Eigenschaften dieser Gefässe gestatten würden die Gesamtheit der Arterien, die längs der ventralen Medianlinie des menschlichen Rückenmarks verlaufen, Tractus oder Anastomosis zu nennen, ist es doch nicht exakt diesen Namen auf alle Wirbeltiere auszudehnen, weil wir bei einem Teil derselben an Stelle einer Arterienanastomose einen regelmässigen Strang von gleichmässigem Kaliber finden, der sich längs des ganzen Rückenmarks erstreckt, und der also eine echte und eigentliche Arterie ist; aus diesem Grunde ziehe ich es in diesen Fällen vor die genauere Bezeichnung zu gebrauchen.

Kann man diese Arterie A. spinalis nennen? Kadyi (S. 24) verneint dies mit Recht, weil spinalis andeuten würde, dass sie zur Wirbelsäule und nicht zum Rückenmark gehöre. In der That nannten die Lateiner (Celsus [Lib. VIII, Cap. I], Varro [Gellius, Lib. III, Cap. X], Plinius [Lib. XI, Sect. 67], S. Augustinus [Lib. VII, Cap. XIII] etc.) die ῥάχις der Griechen (Hippocrates, Galenus) spina, das Rückenmark aber nannten sie Medulla spinalis und nicht spina.

Der Ursprung der Bezeichnung spina der Lateiner soll nach Hyrtl (Onomatologia) durch den Vergleich der Wirbelsäule mit der Wand (spina) die den römischen Circus unvollständig teilte, herrühren. Ich halte diese Deutung des deutschen Gelehrten nicht für zutreffend, mir scheint vielmehr, dass die Lateiner den Ausdruck spinalis von den Griechen übernommen haben. Diese (Hippocrates, Galenus [siehe auch Gorraeus, Lib. XXIII]) nannten ῥάχις die Wirbelsäule des Menschen und ἄκανθας (spinae) die Processus spinosi vertebrarum, wahrscheinlich wegen ihrer Ähnlichkeit mit den gleichen Bildungen anderer Wirbeltiere, bei denen sie wie Dornen zugespitzt sind. In der lateinischen Sprache wurde die Bedeutung des Ausdrucks *spina* erweitert zur Bezeichnung der ganzen Wirbelsäule, und später erst wurde der Ausdruck im übertragenen Sinne angewendet, um die Scheidewand im Circus zu bezeichnen.

Da die Arterie, von welcher jetzt die Rede ist, zum Rückenmark gehört, halte ich es für praktisch richtig dem Vorgang Kadyis zu folgen und sie in der Folge A. medullaris s. medullae spinalis zu nennen.

Nicht alle Rr. ventrales sind so entwickelt, wie ich eben beschrieben habe, sondern nur einige, und diese wechseln meistens rechts und links miteinander ab; seitlich von ihnen bemerkt man sehr feine Äste, von denen einige die A. medullaris erreichen, in sie einmünden und in Richtung und Beziehungen den vorhergehenden gleichen, während andere, die häufig von geringerer Stärke als die Rr. dorsales Aa. vertebromedullarium sind, sich auf der ventralen Fläche des Rückenmarks verlieren (Taf. I, Fig. 3, R. v'.).

Der R. dorsalis wendet sich quer gegen den Rücken und teilt sich, nachdem er die Linie erreicht hat, welche die Anfänge der dorsalen Wurzeln verbindet, in zwei Äste, die ungeteilt mit entsprechenden Ästen der benachbarten Arterien anastomosieren und dadurch zwei lange Ketten von Anastomosen bilden (Taf. I, Fig. 4, R. d.). Dadurch, dass die ventralen und dorsalen Nervenwurzeln miteinander abwechseln, wird bewirkt, dass die oben erwähnten Rr. dorsales sich in der Mitte des Raumes befinden, der zwischen zwei aufeinanderfolgenden dorsalen Wurzeln liegt.

Diese Rr. dorsales haben im Gegensatz zu den Rr. ventrales einen sehr gewundenen Verlauf; von ihnen trennen sich kleine Ästchen ab, die sich an den lateralen Flächen verteilen.

Arteria medullaris (Tractus spinalis ventralis von Hofmann). — Sie ist eine längs der Medianlinie der ventralen Fläche des Rückenmarkes gelegene grosse Arterie, die sich alsbald kaudal von der Medulla oblongata in die A. basilaris fortsetzt (Taf. I, Fig. 3, A. m.), und mit dem Rückenmark in dem dorsalen Lappen der Kaudalflosse endigt, nachdem sie bedeutend dünner geworden ist. Ihr Kaliber ist regelmässig, ihr Verlauf nicht vollkommen geradlinig, da sie leichte laterale Krümmungen zeigt; man beobachtete an der Austrittsstelle der ansehnlichsten Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium auch kleine winkelige Knickungen, deren Scheitel gegen die obengenannten Zweige gerichtet ist (Fig. 3 im Text). An diesen Knickungen sieht man häufig die von Hofmann angegebenen

Maschen oder Circuli arteriosi; sie werden hervorgebracht durch einen kleinen Arterienstrang, der den Verlauf der A. medullaris an der Knickungsstelle fortsetzt und haben deshalb für gewöhnlich dreieckige Gestalt. Einige Circuli arteriosi finden sich auch an Stellen, an denen die winkeligen Knickungen und auch die Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium fehlen, immer jedoch an den Stellen des Ursprungs der ventralen Wurzeln, und die Maschen haben dann rhombische Form mit der grösseren Achse parallel zur Medullarachse; diese Form beobachtet man nur in jenen nicht sehr häufigen Fällen, in denen zwei wohlentwickelte Rr. ventrales symmetrisch vorhanden sind.

Von der A. medullaris trennen sich spärliche laterale Zweige ab, von denen einige nach kurzem Verlauf auf der Meninx dorsalwärts umbiegen und in das Rückenmark eindringen; andere, die feinsten unter ihnen, verteilen sich in dem Netz der ventralen Oberfläche (Taf. I, Fig. 3, u. Fig. 3 im Text).

Tractus arteriosi medullares laterales (Tractus spinales dorsales von Hofmann)[1]. Es sind zwei lange Ketten von Anastomosen, die auf der lateralen Oberfläche des Rückenmarks in der Nähe der dorsalen Wurzeln liegen, und von Arterienarkaden gebildet werden, deren Konkavität ventralwärts gerichtet ist (Taf. I, Fig. 4, T. a. l.). Die Mitte einer jeden derselben entspricht dem Ursprung einer dorsalen Wurzel und die Enden den Ursprüngen zweier aufeinanderfolgender ven-

---

[1]) Adamkiewicz setzt beim Menschen (1882, Seite 117) für die alte (übrigens noch in vielen Lehrbüchern der Anatomie des Menschen beibehaltene) Bezeichnung Aa. spinales dorsales die weniger ungenaue Bezeichnung Anastomoses spinales laterales; Kadyi (S. 25) ersetzt diese wiederum durch die Bezeichnung Tractus arteriosi postero-laterales. Bezüglich derselben kann man wiederholen, was oben in Bezug auf die A. spinalis anterior gesagt worden ist, dass es sich nämlich bei dem grösseren Teil der Wirbeltiere viel eher um wahre Tractus als um Arteriae handelt. Hofmann (1900, S. 249) bezeichnet diese Anastomosenketten statt mit den Namen laterales oder postero-laterales als dorsales; diese Benennung ist unzutreffend, da sie sich an den lateralen Flächen des Rückenmarks finden und nicht an der dorsalen.

tralen Wurzeln. Wie ich bereits bemerkt habe, sind sie durch die Einmündungen der kranialen und kaudalen Verzweigungen der Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium hervorgebracht worden. Kranialwärts beginnen sie auf dem verlängerten Mark nahe bei dem Ursprung der I. Medullarwurzel, kaudalwärts sind sie noch am Ende des Rückenmarks erkennbar. Man bemerkt häufig in ihrem Verlauf Unterbrechungen, die durch das Fehlen der Einmündungen von Asten hervorgebracht werden; am häufigsten findet man sie in der Cauda.

Von den Tractus laterales lösen sich zahlreiche mediale, ventrale und dorsale Äste ab (Taf. I, Fig. 4); die ersteren, ziemlich zahlreich, richten sich gegen das Rückenmark und verteilen sich dort; die ventralen und dorsalen Äste laufen auf der Meninx herab und teilen sich in kleinere Äste, die schliesslich in die Nervensubstanz eindringen.

Gefässe der Nervensubstanz. — Der grösste Teil der Arterien, die auf der Meninx primitiva herabläuft, mündet schliesslich in das Rückenmark und verteilt sich dort; nur einige sehr dünne verzweigen sich in der Meninx und dringen in das reiche Venennetz, das diese auf jeder Seite durchzieht.

Von den Arterien, die in das Rückenmark eindringen, stammt der grösste Teil von den Tractus arteriosi laterales oder den Aa. radicales dorsales ab; wenige feine Arterien folgen dem Verlauf der Nervenwurzeln oder kommen von der A. medullaris her (Taf. IV, Fig. 1).

Die Äste, welche von den Tractus arteriosi laterales stammen, dringen meistens von der lateralen Oberfläche in das Rückenmark ein; einige gelangen auch bis in das laterale Drittel der ventralen und dorsalen Oberfläche. Sie durchqueren die Stränge der weissen Substanz, wobei sie wenige Äste an sie abgeben, und verteilen sich, nachdem sie die graue Substanz erreicht haben, an diese, indem sie sich in Endäste von verschiedener Richtung auflösen, die sich in Kapillare fortsetzen. Der grösste Teil von ihnen verteilt sich in den ventralen Säulen; spärlich sind diejenigen, welche die dorsalen Säulen mit Blut versorgen. Auf ihrem Weg durch die weisse Substanz folgen

sie meistens einem der radiären Fortsätze, die von der Peripherie der grauen Substanz zur Peripherie des Rückenmarks reichen (Taf. IV, Fig. 1).

Einige der lateralen Äste der A. medullaris biegen — während andere in der Meninx endigen — nach verschiedenartigem Verlauf an der ventralen Oberfläche dorsalwärts um, drängen die Meninx in Form einer dünnen Scheide, welche die perivaskulären Lymphgefässe begrenzt, vor sich her und erreichen auf diese Weise die graue Substanz. Die Durchtrittsstellen dieser Arterien sind nicht symmetrisch, auch haben sie nicht gleichen Abstand von der A. medullaris; meistens jedoch beobachtet man sie ungefähr in der Mitte des Raumes zwischen dieser Arterie und dem Anfang der ventralen Wurzeln. Sie durchziehen die ventralen Stränge des Rückenmarks, geben wenige Verzweigungen an sie ab, machen für gewöhnlich eine kleine Kurve mit medialer Konvexität und erreichen die ventralen grauen Säulen, in denen sie endigen.

Manchmal kommt es vor, dass sie nahe bei der A. medullaris gelegen sind, und alsdann können sie, statt direkt in die grauen Säulen zu gehen, die ventrale Kommissur erreichen, deren Verlauf folgen, und so in die entsprechende ventrale Säule gelangen. In der grauen Substanz enden sie wie die Äste der Tractus laterales; einige ihrer dorsalen Äste haben ein ansehnliches Kaliber, sie wenden sich medial- und dorsalwärts; indem sie immer in der grauen Substanz verlaufen, an welche sie zahlreiche Äste schicken, verteilen sie sich in den dorsalen Säulen.

Endlich dringen an der Ursprungsstelle der Nerven, zusammen mit den Nervenfasern, kleine Gefässe, zum grössten Teil wirkliche Kapillaren, in das Rückenmark ein, die direkt von den Aa. vertebro-medullares stammen und im Innern der Wurzeln ein Netz von Maschen bilden, die in der Richtung der Fasern in die Länge gezogen sind. Die Kapillaren, die diesen Weg nehmen, endigen gewöhnlich in den Strängen ohne die graue Substanz zu erreichen.

Die Verzweigung der eben beschriebenen Arterien, die unter sich verflochten sind, bilden in den grauen Säulen ein Netz mit polygonalen Maschen, die meistens in longitudinalen Ebenen liegen, weshalb sie deutlicher in den frontalen oder sagittalen als in den transversalen Schnitten sichtbar werden. Die Maschen dieses Netzes messen im Mittel 0,25 mm in der Länge, und erscheinen in den ventralen und dorsalen Säulen des Rückenmarks gleichmässig verteilt.

Von dem Kapillarnetz der grauen Substanz lösen sich transversale Äste los, welche die Fasern der weissen Substanz radial durchqueren und die Meninx primitiva erreichen; diese Rami efferentes, von kapillarer Struktur, sind mittelst transversaler Anastomosen unter sich verbunden, so dass auch in der weissen Substanz die Gefässe in Form eines Netzes angeordnet sind. Das Netz der grauen Substanz zeigt kleinere Maschen als das der weissen Substanz.

Die Ernährung der weissen Substanz geschieht also zum grössten Teil durch Blut, das schon in der grauen Substanz cirkuliert hat.

Die abführenden Gefässe, die mit der Oberfläche der Meninx primitiva verbunden sind, münden in ein sehr unregelmässiges Netz venöser Natur.

Am Ende des Rückenmarks, wo dasselbe zu einem einfachen Epithelschlauch mit einer dünnen Schicht nervöser Substanz an der Peripherie reduziert ist, dringen die Blutgefässe nicht in das Mark ein, sondern man bemerkt sie nur an der Oberfläche; auf diese Weise wiederholen sie die Verhältnisse, die den Cyklostomen eigen sind. Der Übergang von dem Endteil des Marks, der von Kapillaren entblösst ist, zu dem kaudalen Teil, der mit solchen versehen ist, vollzieht sich nach und nach.

Venen der Meninx primitiva. — Die Venen der ventralen Oberfläche bilden ein sehr kompliziertes Netz, mit Maschen von sehr verschiedener Form und Ausdehnung und gewöhnlich abgerundeten Ecken, wie aus der folgenden Figur hervorgeht.

Die Struktur der Gefässe des Netzes ist sehr einfach; sie sind von Endothel gebildet, das von spärlichem Bindegewebe

umgeben ist; das hier cirkulierende Blut ist rein venös, da es von den Rami efferentes des Marks herkommt, ebenso kann man das obengenannte Netz als von Anastomosen dieser Rami efferentes an der Oberfläche des Marks gebildet ansehen.

Es ist indes zu bemerken, dass einige der feinsten Äste der A. medullaris und der Tractus arteriosi laterales — in Wirklichkeit sehr spärliche Äste — sich direkt in das Venennetz ergiessen, ohne in das Mark einzudringen (Fig. 3 im Text).

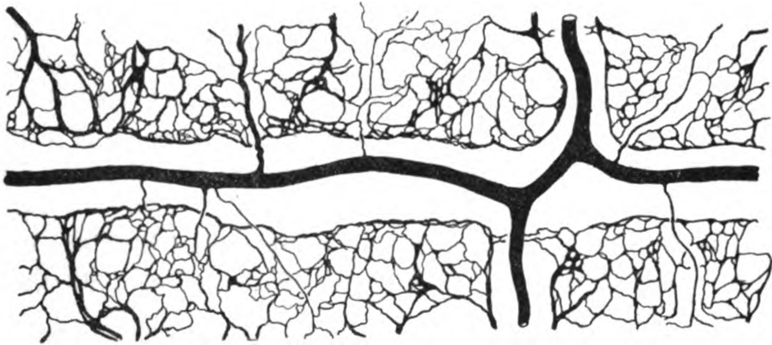


Fig. 3.

Gefässe der Ventralfläche der Medulla an der Stelle der vorderen Rückenflosse (Vergr. 12:1). — Zwei Rr. ventrales aa. vertebro-medullarium einer oben und einer unten, münden in die dicke A. medullaris; an den Seiten dieser letzteren liegen die beiden Vv. limitantes, die das Blut aus dem Netz der Ventralfläche aufnehmen.

Das Kaliber der Gefässe dieses Netzes wechselt sehr, und ist im allgemeinen sehr weit an den Knotenpunkten, wo sich wahre Lagunen von dreieckiger und viereckiger Gestalt finden; es sind alsdann nicht selten feine Unterbrechungen in der Mitte dieser Lagunen zu bemerken, welche sich wie sehr kleine Maschen, die von einem ansehnlichen Gefäss begrenzt sind, präsentieren (Fig. 3 im Text).

Das Venennetz jeder ventralen Oberflächenhälfte sammelt sich an den Seiten der A. medullaris in einem Abstand von 0,3 mm von ihr in eine kleine der Arterie parallele Vena limitans, in welcher sich an den verschiedenen Stellen des Ver-

laufs zahlreiche Unterbrechungen und Verschiedenheiten des Kalibers bemerkbar machen (Fig. 3 im Text u. Taf. IV, Fig. 1, V. l.). Das Kaliber dieser Vene ist im Mittel 0,02 mm; bisweilen und meistens, wenn sie sehr dünn ist, ist sie doppelt, und die beiden Gefässe sind mittelst zahlreicher Anastomosen verbunden; manchmal wird sie von einem wahren Plexus kleiner Venen gebildet. Der Stelle der Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium entsprechend lösen sich von der V. limitans zwei Äste ab, die, eine an jeder Seite, den arteriellen Ast begleiten, indem sie sich zu diesem wie die eben genannte Vene zu der A. medullaris verhalten und sich an der Stelle, an welcher der R. ventralis Aa. vertebro-medullarium die Meninx primitiva verlässt, um sich gegen die entsprechende Ausgangsöffnung zu wenden, zu einem einzigen Strang vereinigen; ein kleiner Tractus venosus, der zwischen der eben genannten R. ventralis und der Meninx primitiva durchgeht, erhält die Verbindung der V. limitans aufrecht (Fig. 3 im Text); in andern Fällen, in denen dieser Tractus fehlt, sind die obengenannten Unterbrechungen vorhanden. In der Ebene der ventralen Nervenwurzeln, die nicht von einer Arterie begleitet sind, trennen sich gleichmässig von der V. limitans laterale Äste ab, meistens in der Zweizahl, welche sich nach kurzem Verlauf in einen einzigen Strang der ventralen Oberfläche ergiessen; auch sie wenden sich gegen die laterale Oberfläche des Rückenmarks (Fig. 3). Die grösseren Äste der A. medullaris sind oft bei ihrem Verlauf auf der Meninx von zwei Venen begleitet, welche das oben beschriebene Netz von den Seiten her begrenzen.

Auf den lateralen Flächen und der dorsalen Fläche des Marks bilden die Venen ein dichteres Geflecht, welches von grösseren Gefässen als das der ventralen Fläche gebildet ist; von ihm trennen sich dickere Äste, welche radialwärts in ansehnliche Stränge zusammenfliessen, die den perimeningealen Raum durchqueren, um sich in den Plexus venosus der Endorhachis zu ergiessen (Taf. I, Fig. 4, V. s. und Taf. IV, Fig. 1, V. s.). Auf der dorsalen Fläche sind diese Systeme der Venae stellatae in der Zweizahl, eins zur Rechten und eins zur Linken

der Medianlinie, vorhanden; die Zahl der Venae stellatae, aus denen jedes von ihnen zusammengesetzt ist, wechselt sehr, aber gewöhnlich ist wenigstens eine zwischen jedem Paar aufeinanderfolgender Wurzeln vorhanden. Die von der ventralen Fläche des Rückenmarks stammenden Venen münden in die Venae stellatae der lateralen Fläche (Taf. IV, Fig. 1).

In dem Traktus, der zwischen dem kaudalen Ende des IV. Ventrikels und dem Ursprung des ersten Paares der Rückenmarksnerven eingeschlossen ist, wird das Rückenmarksblut von Venen gesammelt, die in den Plexus des IV. Ventrikels münden (Taf. I, Fig. 4); die ansehnlichste von ihnen liegt längs der dorsalen Medianlinie und ist jene Vene, die Hofmann (1900, S. 245) glaubt als Tractus venosus spinalis dorsalis bezeichnen zu können.

2. Mustelus laevis.

Die Anordnung der Gefässe in der Meninx primitiva dieses Haifisches zeigt bedeutende Unterschiede gegen jene von Acanthias vulgaris.

Mayer (S. 330) beobachtete, dass die Aa. vertebromedullares nicht mit den ventralen Wurzeln zusammen in den Wirbelkanal eindringen, sondern durch eine besondere Öffnung, welche in dem Bogen des Wirbels zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wurzelpaaren und ein wenig ventralwärts von der Linie, die die Mündungen verbindet, durch welche die dorsalen Nervenwurzeln austreten, liegt. Wie die Arterien, die sie durchziehen, sind diese Öffnungen weder immer symmetrisch noch regelmässig.

Die A. medullaris ist verhältnismässig dicker als bei Acanthias; sie hat einen geradlinigen Verlauf und zeigt weder Maschen noch Unterbrechungen, sie giebt zahlreiche Äste ab, welche sich auf der Meninx verteilen.

Die aufeinanderfolgenden Rr. dorsales Aa. vertebromedullarium anastomosieren nicht immer untereinander, so dass man nicht von Tractus arteriosi laterales im wahren Sinne des Wortes sprechen kann, es ist vielmehr genauer zu

sagen, dass diese Äste sich an der lateralen und dorsalen Oberfläche des Marks verteilen.

Die Arterien, welche in das Rückenmark eindringen, unterscheiden sich nicht, was Ursprung und Verteilung betrifft, von denen bei Acanthias.

Die Venen sammeln sich in einem Plexus, der von dicken, mittels quer und schräg verlaufender Äste miteinander verbundenen, longitudinalen Stämmen gebildet ist, und auf der dorsalen Oberfläche des Marks liegt. Kranialwärts setzt sich dieser, auch von Mayer (S. 315) beobachtete Plexus, auf die Medulla oblongata fort, und mündet in die Venae cerebrales posteriores; kaudalwärts dehnt er sich bis zum Ende des Rückenmarks aus. Von ihm lösen sich Äste los, welche Vv. vertebro-medullares genannt werden können, weil sie auf ihrem Weg auch Blut aus der Endorhachis sammeln; sie treten zusammen mit den dorsalen Wurzeln aus dem Wirbelkanal aus, was auch von Mayer (S. 330) beobachtet wurde.

Bei Mustelus antarcticus fand Parker (S. 694) eine A. medullaris (myelonal artery), welche auf der Medulla oblongata beginnt und sich längs des ganzen Rückenmarks fortsetzt, und eine V. medullaris (myelonal vein) (S. 715) auf der dorsalen Oberfläche, die von ebenso vielen rhombischen Plexus gebildet ist als Wirbel vorhanden sind; von den lateralen Ecken dieser Plexus lösen sich Venen los, die sich den Nerven zugesellen.

3. Scyllium canicula.

Die an der Oberfläche befindlichen Arterien des Marks und die Kapillaren der Nervensubstanz haben die gleiche Anordnung wie die bei Mustelus laevis beschriebene.

Die Venen behalten die Anordnung in Plexus bei, die von longitudinalen Stämmen gebildet sind und dorsalwärts von dem Mark liegen; aber diese Stämme sind dicker und weniger zahlreich als bei Mustelus laevis, und in dem kranialen Teil reduzieren sie sich auf einen einzigen längs der Medianlinie gelegenen Stamm.

Diese Anordnung dehnt sich nach Rex (S. 437) bei Scyllium catulus über das ganze Rückenmark aus; die Venen der ventralen Oberfläche bilden ein Netz, von dem sich Äste loslösen, die unter spitzem Winkel in die dorsale Vene münden.

Rajae.

1. Torpedo marmorata und narce.

Ich werde die Gefässe des Rückenmarks dieser beiden Arten zusammen beschreiben, weil sie keine bemerkenswerten Verschiedenheiten darbieten. Die geringen Kenntnisse, die wir über sie haben, beziehen sich ausschliesslich auf die Gefässe der Meninx primitiva.

Hyrtl (1858, S. 9) hat bei Torpedo Narke längs der ventralen Medianlinie der Medulla eine ansehnliche A. spinalis media beobachtet, welche in dem kranialen Teil auf jeder Seite drei dicke Stämme, Rami spinales Aa. musculo-spinalium, empfängt; die Strecke der A. spinalis, die zwischen der Mündung des ersten Paares dieser Stämme und ihrer Teilung in die Aa. profundae cerebri liegt, zeigt eine spindelförmige Erweiterung von ungefähr doppelt so grossem Kaliber wie der übrige Teil dieser Arterie. Lateralwärts von der A. spinalis media seu impar bemerkt man zwei Aa. spinales laterales, die durch Teilung und Anastomose der segmentären Ästchen entstanden sind, welche von ähnlichen Ästen der Aorta stammen; von den Aa. spinales laterales lösen sich Verzweigungen los, welche sich den einzelnen Nerven zugesellen (S. 13).

Mayer (S. 325) weist auf das Vorhandensein einer ansehnlichen Vena spinalis bei den Zitterrochen hin, welche niemals Plexus bildet. Die Arterien dringen durch besondere Öffnungen, wie bei Mustelus (S. 330), in den Wirbelkanal ein.

Rex (S. 459) erwähnt bei Torpedo marmorata und ocellata neben einer ansehnlichen Vena spinalis dorsalis und zwei feinen Vv. ventro-medianae auch das Vorhandensein eines zwischen den ventralen und dorsalen Nervenwurzeln

liegenden lateralen Stammes, welcher die oberflächlichen venösen Stämme unter sich verbinden und in den kranialen Teil der V. spinalis dorsalis enden soll.

Ich werde besonders die Verhältnisse, durch welche sich die Zitterrochen von den Haifischen unterscheiden, beschreiben.

Arterien.—Aa. vertebro-medullares.—Sie dringen durch eine besondere schon von Mayer (siehe oben) beschriebene Öffnung in den Wirbelkanal ein und verteilen sich wie bei Acanthias; sie sind nicht regelmässig und wechseln meistens rechts und links ab. Die beiden ersten unter ihnen sind ausserordentlich entwickelt und haben einen dreimal grösseren Umfang als die anderen; in ihrem Verlaufe durch den Wirbelknorpel sind sie nur in der äusseren Hälfte von einem eigenen Kanal umschlossen, während der übrige Teil sich meistens einer ventralen Wurzel zugesellt; ihre Eintrittsstelle in den Wirbelkanal befindet sich in verschiedener Höhe bei den verschiedenen Exemplaren, gewöhnlich zwischen dem 3. und 6. Nervenpaar.

A. medullaris ventralis (A. spinalis media von Hyrtl). Sie ist verhältnismässig dicker als bei den Haifischen, beginnt an dem grossen Hinterhauptsloch und endet nach geradlinigem Verlauf, an Umfang bedeutend vermindert, am Ende der Medulla. Es fehlen ihr die Circuli arteriosi; mittelst weniger Bindegewebsbälkchen, welche ihr eine beträchtliche Beweglichkeit erlauben, ist sie mit der Meninx verbunden. Ihr kranialer Teil, der die Strecke des Rückenmarks umfasst, welche dem Ursprung der ersten 5—8 Nervenpaare entspricht, unterscheidet sich von dem übrigen Teil dadurch, dass er ungefähr das doppelte Kaliber hat und weniger mit der Meninx primitiva verwachsen ist; die Form dieses Teils ist, entgegen dem was Hyrtl (loc. cit.) behauptet, nicht spindelförmig, sondern regelmässig zylindrisch. In dem Niveau des grossen Hinterhauptloches teilt sie sich in den zwei Aa. profundae cerebri von Hyrtl; kaudalwärts verdünnt sie sich ganz plötzlich, um sich mit dem Rest der A. medullaris zu vereinigen. Auf dieser Strecke münden die Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium primae, deren direkte Fortsetzung sie sind; die Über-

gangsstelle zwischen dem verdickten Teil und dem Rest der A. medullaris, steht in Beziehung zu der Einmündung des R. ventralis A. vertebro-medullaris secundae; daraus geht hervor, dass das vom ersten Paar der Aa. vertebro-medullares zugeführte Blut ausschliesslich der Vaskularisation des Gehirns dient.

Von der A. medullaris ventralis gehen, wie bei den Haifischen, laterale Äste ab, welche sich auf der ventralen Fläche verteilen, häufig untereinander anastomosieren, und enden, indem sie sich dorsalwärts umbiegen, wie zuführende Arterien des Rückenmarks; in dem verdickten kranialen Teil bemerkt man auch dorsale Äste, die sich, sobald sie die Meninx erreicht haben, in kleine Äste teilen, welche schliesslich in das Innere des Marks dringen.

Aa. medullares laterales (Aa. spinales laterales von Hyrtl). — Sie stellen die Tractus arteriosi laterales der Haifische dar, von denen sie sich dadurch unterscheiden, dass sie bis an das kaudale Ende des Rückenmarks einen regelmässigen genau geradlinigen und ununterbrochenen Verlauf in der Mitte zwischen den ventralen und dorsalen Nervenwurzeln haben. Sie haben daher den Charakter von wirklichen Arterien und nicht von Traktus. Kranialwärts beginnen sie mit zwei derben Ästen, welche sich von den Aa. cerebrales posteriores, sobald diese entstanden sind, loslösen; während ihres Verlaufes empfangen sie von Strecke zu Strecke die dorsalen Äste der Aa. vertebro-medullares; unter diesen sind die beiden ersten die am meisten entwickelten.

Von den Aa. medullares laterales lösen sich zahlreiche ventrale und dorsale Äste los; die ersteren verteilen sich in der ventralen Hälfte der lateralen Oberfläche des Marks und anastomosieren mit den Ästen der A. medullaris ventralis, die letzteren verzweigen sich in der dorsalen Hälfte der lateralen Fläche und in der dorsalen Fläche der Medulla, und in der Mitte des Marks fliessen sie mit gleichen Ästen der entgegengesetzten Seite zusammen.

Gefässe der Rückenmarkssubstanz. — Die Arterien der Meninx dringen schliesslich alle in das Rückenmark, wo sie sich verteilen. Der grösste Teil von ihnen kommt direkt oder indirekt von den Aa. medullares laterales, und dringt deshalb von der lateralen Fläche ein; spärlich sind die, welche von der ventralen Fläche eindringen, sehr spärlich die, welche sich von der dorsalen Fläche aus einsenken; wenige Ästchen lösen sich direkt von der A. medullaris ventralis ab und folgen den Fortsätzen der Zellen, die den ventralen Teil des Ependymkanals begrenzen.

Die von der lateralen Fläche eingedrungenen Arteriae afferentes finden sich in der Substantia reticularis, welche zwischen den ventralen und dorsalen grauen Säulen liegt, und in ihr scheiden sie sich in ventrale und dorsale Äste, welche sich an die entsprechenden Säulen verteilen.

Das arterielle Blut wird den ventralen Säulen auch durch Äste der A. medullaris ventralis zugeführt, während es den dorsalen Säulen nur von den oben beschriebenen Ästen gebracht wird.

Von den Aa. afferentes stammen Kapillaren her, welche sich in Netze verteilen, wie bei Acanthias; von ihnen nehmen ihren Ursprung Venae efferentes, die in radiärem Verlauf an der Peripherie der Medulla ausmünden. In dem Endteil laufen die Gefässe nur in der Meninx primitiva ohne in das Rückenmark einzudringen.

Venen. — In der ventralen Oberfläche bilden die Venen ein Netz, welches sich an den Seiten der A. medullaris ventralis in zwei longitudinalen Stämmen sammelt, ähnlich denen der Haifische, aber regelmässiger; von ihnen gehen laterale Äste aus, welche die ventrale Fläche durchziehen, wobei sie in ihrem Verlauf Äste aufnehmen, und, indem sie zwischen den ventralen Wurzeln durchgehen, die lateralen Flächen erreichen, sie durchziehen und endlich unter verschiedenem Winkel in eine grosse Vene münden, welche längs der dorsalen Medianlinie des Rückenmarks verläuft, und welche ich Vena medullaris dorsalis nenne (V. spinalis von Mayer, V. spinalis

dorsalis von Rex). In der Mitte der lateralen Flächen des Marks ergiessen sich in jeden der von den ventralen Stämmen kommenden Äste zwei Venen, eine kraniale und eine kaudale, welche parallell der Aa. medullares laterales verlaufen, und zwei lange, in ihrem Verlauf leicht gewundene Anastomosenketten bilden, in denen sich das Blut der lateralen Flächen sammelt. An dem mehr kranialwärts gelegenen Teil des Rückenmarks sind diese Anastomosen, welche Tractus venosi laterales medullae spinalis genannt werden könnten, von zwei dicken Stämmen gebildet, die unter dem grossen Hinterhauptloch in die V. medullaris dorsalis münden; in ihrem Verlauf sind die Tractus venosi mit dieser Vene mittelst besonderer transversaler Äste und mittelst lateraler Äste der ventralen Venen verbunden.

Die V. medullaris dorsalis beginnt am Ende des Rückenmarks, wird allmählich immer ansehnlicher je mehr sie kranialwärts kommt, und teilt sich unmittelbar unter der Tela choroidea des IV. Ventrikels in zwei Äste, welche sich mit den Venae cerebrales posteriores vereinigen. Auch bei nicht injiziertem Material tritt sie deutlich hervor durch das Blut, welches sie enthält, und erscheint als ein rotes Bändchen, wenig mehr als ein Drittel so breit als die dorsale Fläche des Marks. Sie ist mehr mit der Meninx primitiva verwachsen als mit der A. medullaris ventralis; die dorsalen Verzweigungen der Aa. laterales, welche, wie ich oben angegeben habe, in der Medianlinie miteinander anastomosieren, gehen zwischen der Vene und der Meninx hindurch. Längs ihres Verlaufes nimmt sie zahlreiche laterale Äste auf; die kleinsten Äste stammen von der dorsalen Fläche, die dickeren führen dagegen das Blut der ventralen Venen und der lateralen Anastomosen. Von ihr gehen auch Rami efferentes aus, welche sich den dorsalen Wurzeln zugesellen, und so die Venae vertebro-medullares bilden.

Raja miraletus u. Raja clavata.

Hyrtl (1858, S. 26 u. ff.) hat bei Raja batis, clavata, miraletus und asterias gefunden, dass die A. spinalis

inferior und die Aa. spinales laterales, die wie bei den Zitterrochen angeordnet sind, sich in einem Plexus spinalis impar fortsetzen, der am Anfang der Wirbelsäule ventral von der Medulla liegt und von drei Hauptstämmen gebildet ist, die durch Anastomosen verbunden sind; die lateralen Stämme verschmelzen kranialwärts mit dem medianen und bilden die A. spinalis impar, welche sich nach kurzem Verlauf in die Aa. profundae cerebri teilt, während sich kaudalwärts der mediane Stamm mit der Arteria spinalis impar und die lateralen mit den gleichnamigen Arteriën vereinigen; diese drei Arterien ergiessen sich schliesslich in eine einzige. Die Rami spinales, die in der Zahl von 12 Paaren von der Aorta herkommen, sind nicht gleich und symmetrisch, sie treten durch besondere Öffnungen in den Wirbelkanal und ergiessen sich entweder in den obengenannten Plexus oder in die A. spinalis impar, in welchem Falle sie an ihrer Ausmündungsstelle Inseln bilden.

Mayer (S. 325) weist auf das Vorkommen der V. spinalis ähnlich wie bei den Zitterrochen hin und giebt an, dass sie schon von Robin beobachtet wurde; er bestätigt die Angaben Hyrtls betreffs der Art und Weise des Eindringens der Aa. spinales in den Wirbelkanal (S. 330).

Auch Rex (S. 453) beschäftigt sich kurz mit der grossen V. spinalis dorsalis bei Raja asterias und clavata und bei Laeviraja oxyrhynchus, und giebt an, dass sie sich in ihrem kranialen Teil bald nach rechts, bald nach links biegt und sich mit einer Vena cerebralis posterior zu einem einzigen Stamm vereinigt, der durch den Jugularkanal aus dem Schädel austritt.

Nach Hofmann (1900, S. 253) soll der Plexus spinalis impar bei Raja clavata von longitudinalen Maschen gebildet sein und ein oder zwei Hauptstämme darstellen, im Gegensatz zu dem, was Hyrtl beobachtet hat; unter den zufliessenden Ästen des Tractus spinalis ventralis (A. spinalis impar von Hyrtl) giebt es sehr grosse, welche das VI. Nervenpaar begleiten, und feine, welche dem I. Paar folgen; deshalb scheint Hofmann im Gegensatz zu den Behauptungen Hyrtls und

Mayers anzunehmen, dass die Aa. spinales s. vertebro-medullares zusammen mit den Wurzeln in den Wirbelkanal eintreten; auch die Prüfung der Figuren seiner Arbeit lässt dies vermuten. Der Tractus spinalis dorsalis, welcher den Aa. laterales von Hyrtl entspricht, fehlt. Was die Venen betrifft, welche er bei Raja batis und clavata (1901, S. 249—250) studiert hat, so hat er ausser dem Tractus venosus spinalis dorsalis (V. spinalis dorsalis von Rex) einen unpaaren Tractus venosus spinalis ventralis gefunden mit longitudinalen Maschen in seinem Verlauf, welcher das Blut aus einem Netz der ventralen Oberflächen sammelt, und mittelst transversaler Äste mit dem Tractus venosus dorsalis verbunden ist; in seinem kranialen Ende ist er von zwei Venen gebildet, welche in die Vv. cerebri posteriores münden, in die sich auch zwei kurze Tractus spinales laterales ergiessen, die nur im Anfang des Rückenmarks vorhanden sind.

Aus den Untersuchungen, welche ich bei Raja miraletus und Raja clavata gemacht habe, geht hervor, dass der Unterschied in den Rückenmarkgefässen bei den Zitterrochen nicht so bedeutend ist, als es nach den oben angeführten Litteraturangaben scheint.

Die Aa. vertebro-medullares verhalten sich genau in gleicher Weise.

Die A. medullaris ventralis, die bei den Rajae verhältnismässig grösser ist, zeigt anstatt sich in dem kranialen Teile zu erweitern, gerade wie dies bei Torpedo der Fall ist, einen Plexus medullaris, der zwei sehr entwickelte Arteriae vertebro-medullares entstehen lässt, die sich, sobald sie in den Wirbelkanal eingetreten sind — entsprechend den bei den Torpedidae beschriebenen — anstatt direkt in die A. medullaris ventralis zu münden, in zwei Äste teilen, einen kranialen und einen kaudalen; die kaudalen — mit etwas schrägem Verlauf gegen die Medianlinie — vereinigen sich schliesslich in verschiedener Höhe mit der A. medullaris ventralis, und die kranialen setzen sich in die Aa. profundae cerebri von Hyrtl fort, indem sie als Ganzes einen

sehr in die Länge gezogenen Rhombus bilden, durch dessen Hauptachse die A. medullaris ventralis läuft. Die Eintrittstellen der beiden obenerwähnten Aa. vertebro-medullares sind gewöhnlich nicht symmetrisch, sondern einer liegt kranial vom andern; demgemäss ist der Rhombus nicht regelmässig. Der Plexus medullaris ist daher aus drei Hauptstämmen gebildet, einem medianen und zwei lateralen, die in ihrem Verlauf leicht gewunden sind; zwischen ihnen bemerkt man zahlreiche untereinander verbundene Äste von verschiedenem Kaliber, mit transversalem oder schrägem Verlauf, manchmal so schräg, dass sie fast parallel zu den Hauptästen sind. In die Stämme, welche seitlich den Plexus begrenzen, münden auch andere ventrale Äste der Aa. vertebro-medullares. Das Geflecht ist durch feine und spärliche Bindegewebsbälkchen mit der Meninx primitiva verbunden; deshalb bleibt es, wenn man das Mark aus dem Wirbelkanal herausnimmt, meistens mit dem Boden dieses Kanals verbunden, an dem ihn seine Verbindungen mit den Aa. vertebro-medullares und das Perimeningeal-Gewebe festhalten. Im Verlauf der A. medullaris ventralis sind Circuli arteriosi, welche denen der Haifische gleichen, nicht selten.

Die Aa. laterales medullae spinalis der Torpedidae sind bei den Rajidae durch zwei Tractus arteriosi laterales ersetzt; diese sind manchmal in ihrem Verlauf unterbrochen.

Die Verteilung der Gefässe auf der Meninx primitiva und in dem Rückenmark zeigt keine bemerkenswerten Unterschiede von derjenigen der Zitterrochen.

Auch die Venen sind denen von Torpedo gleich; die Stämme, welche das Blut der ventralen Oberfläche sammeln, und welche seitlich der A. medullaris ventralis verlaufen, sind verhältnismässig dicker und manchmal mittelst einiger Anastomosen miteinander verbunden; vielleicht wegen dieser Eigentümlichkeit hat sie Hofmann als einen einzigen Stamm angesehen. Die V. dorsalis medullae spinalis macht sich auch bei nicht injiziertem Material durch die starke Pigmentierung sofort

bemerkbar und dasselbe ist auch der Fall bei den seitlichen Ästen, die in sie münden. Die venösen Anastomosen der lateralen Fläche sind weniger entwickelt und unvollständiger als bei den Zitterrochen..

Trygon pastinaca.

Die Anordnung der Rückenmarksgefässe dieser Art zeigen keine besonderen Unterschiede gegen die Rochen. Der Verlauf der V. medullaris dorsalis, die auch Mayer (S. 325) erwähnt, ist wie bei den zuletzt Genannten durch die Gegenwart einer beträchtlichen Menge von Pigmentzellen ausgezeichnet. Wenige Kapillaren dringen in das dünne Rückenmark ein, welches sich in die Cauda filiformis fortsetzt; an der Spitze der Cauda, wo das Mark durch ein einfaches Epithelrohr vertreten ist, finden sich die Gefässe nur an der Peripherie.

Demnach kommt die Blutcirkulation im Rückenmark der Elasmobranchii auf folgende Weise zu stande: das arterielle Blut, von den Aa. vertebro-medullares zugeführt, läuft in drei Längssystemen dem Rückenmark entlang; diese sind die A. medullaris und die Tractus laterales. Die A. medullaris hat keine grosse Bedeutung für die Ernährung der Nervensubstanz, da der grösste Teil des Blutes durch die Tractus zugeführt wird; zum Teil jedoch trägt sie doch dazu bei, mehr bei den Rajae als bei den Squalidae. Die Arterien, welche in das Mark eindringen, stammen von seiner Peripherie, hauptsächlich von den lateralen Flächen und dem lateralen Drittel der ventralen und dorsalen Fläche; sie führen den grössten Teil ihres Blutes der grauen Substanz zu, und nur wenige Äste geben solches an die weisse Substanz ab; sie enden, indem sie sich in ein Kapillarnetz verteilen, von dem Äste ausgehen, die sich in der weissen Substanz zu grösseren Stämmen vereinigen, und münden mit radiärem Verlauf an der Oberfläche des Marks in einem Venennetz, das mit zahlreichen unregelmässigen Erweiterungen versehen ist. Von diesem Netz wird das Blut an die dorsale Fläche geführt,

von welcher die abführenden Venen ausgehen, die es in das allgemeine Blutgefässsystem bringen. Die Fig. 1 der Taf. IV veranschaulicht gerade diese Art der Verteilung der Gefässe in dem Rückenmark der Elasmobranchii.

Wenn auch in den Grundzügen die Blutversorgung bei allen diesen Fischen in gleicher Weise geschieht, so giebt es dennoch in den Einzelheiten von Art zu Art bemerkenswerte Unterschiede, und sogar sehr ausgeprägte Unterschiede bei den beiden Unterordnungen der Squalidae und der Rajae.

Während nämlich das venöse Blut bei Acanthias den Sinus der Endorhachis durch kurze Stämme direkt zugeführt wird, die von der dorsalen Oberfläche des Marks ausgehen, und das perimeningeale Gewebe durchziehen, sammelt es sich bei Mustelus und mehr noch bei Scyllium in Längsstämme, die immer auf der dorsalen Fläche liegen, und von ihnen gehen segmentäre Äste aus, die den dorsalen Wurzeln folgend, aus dem Wirbelkanal austreten und mit den Sinus der Endorhachis an ihrer Austrittsstelle anastomosieren. Die Rajae haben dagegen eine einzige grosse dorsale Vene, welche aus dem Zusammenfluss aller Venen der Medulla entsteht, und in der wegen ihres grossen Kalibers das Blut unter sehr schwachem Druck fliessen muss; sie zeigt viele kleine abführende laterale Gefässe, und tritt zusammen mit den kaudalen Venen des Gehirns durch das Foramen jugulare aus.

Der kraniale Teil der A. medullaris nimmt bei den Rajae dicke Stämme auf, und das von diesen zugeführte Blut dient nur teilweise zur Ernährung des Rückenmarks, da ein Teil desselben durch die A. basilaris dem Gehirn zugeführt wird.

Da die Arterien, die in das Rückenmark eindringen, in Kapillaren enden, ohne mittelst direkter Äste miteinander zu anastomosieren, sind sie Endarterien im Conheimschen Sinne.

---

§ II.

Ganoidei.

Acipenser sturio.

Die Gefässe des Rückenmarks der Ganoidei sind niemals studiert worden; für meine Untersuchungen habe ich drei Exemplare von Acipenser sturio L. injiziert unter Anwendung aller bei den Elasmobranchii erwähnten Vorsichtsmassregeln.

Arterien — Aa. vertebro-medullares. — Diese Arterien dringen in den Wirbelkanal durch dieselben Öffnungen, welche für den Austritt der ventralen Wurzeln dienen, und laufen dorsal von diesen Wurzeln, welche mit der sie umgebenden Scheide durch spärliches Bindegewebe verbunden sind. Nicht alle ventralen Wurzeln sind von einer Arterie begleitet, vielmehr fehlt dieselbe bei vielen; die Arterien wechseln bald auf beiden Seiten, bald finden sie sich nur auf einer Seite, bald werden sie auf beiden Seiten beobachtet. Ihr Kaliber ist verhältnismässig klein; die mehr kranial liegenden Arterien sind dicker als die dorsalen; die kaudalen endlich sind äusserst dünn.

Kaum in den Wirbelkanal eingetreten, teilen sie sich in zwei Äste von beinahe gleichen Dimensionen, einen kranialen und einen kaudalen, welche zwischen der lateralen Fläche des Ligamentum denticulatum und den lateralen Wänden des Wirbelkanals dicht an dem dorsalen Rand der Ligamente verlaufen und sich mit gleichen Ästen der Nachbararterien vereinigen. Hierbei bilden sie zwei Reihen von Anastomosen, eine für jede Seite, die oft in ihrer Kontinuität unterbrochen sind, besonders an den Stellen, an denen die ventralen Wurzeln nicht von einer Arterie begleitet werden (Taf. I, Fig. 5, T. a l.).

Von diesen Anastomosen-Ketten, die man Tractus arteriosi laterales medullae spinalis benennen könnte, oder auch direkt von den Aa. vertebro-medullares an der Stelle, an der sie sich in der obenerwähnten Art und Weise teilen, lösen sich dicke Äste ab, die ventral von den Ligamenta denticulata verlaufend an die ventrale Fläche der Medulla gelangen,

und, nachdem sie in der Nähe des Ligamentum ventrale der Meninx primitiva gekommen sind, in die A. medullaris einmünden. Meistens folgen diese Äste dem Verlauf der ventralen Wurzeln.

Ausserdem gehen von diesen Tractus auch laterale und dorsale Äste ab; die ersteren, sehr zahlreich, verteilen sich an der ventralen Fläche des Rückenmarks, die anderen, ziemlich wenige, verzweigen sich an der Dorsalfläche (Taf. I, Fig. 6).

A. medullaris (Taf. I, Fig. 5, A. m.). — Sie ist viel kleiner als bei den Elasmobranchii, erhält sich aber ununterbrochen dem ganzen Rückenmark entlang. Manchmal zeigt sie kleine Maschen in ihrem Verlauf. Sie liegt nicht genau längs der ventralen Medianlinie, sondern seitwärts von dem Ligamentum ventrale. Sie hält sich nicht immer auf derselben Seite, sondern tritt häufig, und zwar meistens an der Einmündungsstelle eines der ventralen Äste der eben beschriebenen lateralen Anastomosen, auf die andere Seite über. Kranialwärts setzt sie sich in die A. basilaris fort; kaudalwärts ist sie bis zum Ende des Rückenmarks zu finden. Im Gegensatz zu der gleichnamigen Arterie der Elasmobranchii entspringen von ihr zahlreiche laterale Äste, die sich an der Meninx primitiva, welche die Ventralfläche des Rückenmarks bekleidet, verteilen (Fig. 4 im Text); in der Hälfte dieser Fläche, in der die A. medullaris liegt, verteilen sich die Äste, die von ihr entspringen, plötzlich in ein dichtes Netz von Kapillaren; jene Äste dagegen, die von der anderen Seite stammen, treten unter dem Ligamentum ventrale hindurch und sind, nachdem sie die andere Hälfte der ventralen Fläche erreicht haben, miteinander durch eine longitudinale — und deshalb mit der A. medullaris parallele — Anastomose verbunden. Von dieser entspringen nun ähnliche Zweige wie diejenigen, welche direkt von der A. medullaris in der anderen Hälfte der Ventralfläche ausgehen (siehe die folgende Figur 4 im Text).

Verteilung der Arterien in der Meninx primitiva. — Die Verteilung der Gefässe an der Ventralfläche der Meninx primitiva erinnert sehr stark an die, welche man bei den Cyklo-

stomen beobachtet. Die überaus zahlreichen Aste, die direkt oder indirekt von der A. medullaris entspringen, verteilen sich in ein dichtes Netz von Kapillaren (Fig. 4), welche im Mittel einen Durchmesser von 12 μ besitzen und an den Knotenpunkten einen solchen von 15—20 μ erreichen. Die Maschen dieses Netzes sind von verschiedener Gestalt, ihre Ecken sind aber immer abgerundet, ihr grösster Durchmesser schwankt zwischen 25 und 75 μ; meistens sind sie so gestellt, dass dieser Durchmesser transversal zur Achse des Rückenmarks liegt. Je mehr sie sich von der Medianlinie den Seiten der ventralen

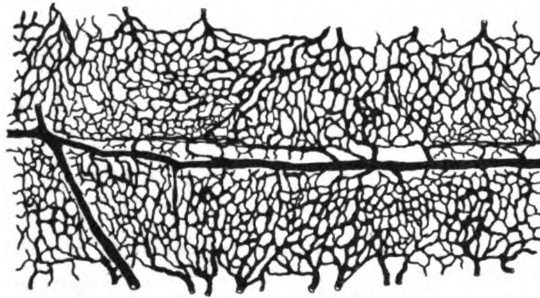


Fig. 4.

Gefässe der ventralen Fläche des Rückenmarks von Acipenser sturio (10fache Vergr.) ungefähr in der Mitte des Rückens. Links unten ein dicker R. ventralis tractuum arter. lateral., der in die A. medullaris in der Nähe der Mündung eines ähnlichen R. ventralis mündet. Das aus der A. medullaris entstandene Kapillarnetz sammelt sich in Venen.

Fläche nähern, desto weiter werden sie, und desto grösser wird das Kaliber der Gefässe, die sie bilden, bis sie schliesslich an der Stelle des ventralen Randes des Ligamentum denticulatum in Venen übergehen (siehe auch Taf. I, Fig. 5). Ein ähnliches Netz fehlt an den lateralen Flächen und an der dorsalen Fläche der Medulla, weil die Arterien, die sich dort verteilen, nachdem sie sich in mannigfaltiger Weise verzweigt haben, zuletzt in das Innere des Rückenmarks eindringen.

Gefässe der Rückenmarkssubstanz. — Die Arterien dringen besonders von der lateralen Fläche her in das Rückenmark und stammen von den Verästelungen der Tractus laterales. Nachdem sie in der weissen Substanz der Medulla

eingedrungen sind, teilen sich diese Arterien in einen kranialen und einen kaudalen Ast von kapillarer Struktur; von diesen gehen neue Zweige aus, die in die ventrale, graue Substanz eindringen, sich dann teilen und miteinander anastomosieren und so ein Netz bilden mit Maschen, die 20—30 mal weiter sind als die des Kapillarnetzes der Meninx primitiva, in verschiedenen Ebenen liegen und unter verschiedenen Winkeln miteinander zusammenstossen. Ein Netz, das dem der ventralen Säulen ähnlich ist, beobachtet man in den dorsalen Säulen.

Von diesem Kapillarnetz gelangt man zu Kapillaren von grösserem Kaliber, welche die weisse Substanz durchziehen und miteinander durch Anastomosenäste verbunden sind, die longitudinal zwischen den Nervenfasern verlaufen; so entsteht ein zweites Netz mit weiteren und ganz besonders viel längeren Maschen, als diejenigen der grauen Substanz. Die Stämme, die aus diesem Netz hervorgehen, gelangen in die Meninx besonders an der dorsalen Fläche und den lateralen Flächen, und bilden eine der Wurzeln der Venae medullares.

Venen. — Die Venen des Rückenmarks beim Stör lassen sich in zwei Systeme trennen, nämlich in die Venen, welche von den Kapillaren der Meninx primitiva stammen, und in die Venen, welche das aus der Medulla stammende Blut sammeln.

Die Venen, die von dem Netz der Meninx stammen, ziehen quer über die laterale Fläche, wobei sie zwischen der Meninx und dem Ligamentum denticulatum liegen, und fliessen während dieses ihres Verlaufes zu immer grösseren Stämmen zusammen, die schräg über die dorsale Fläche hinziehen und schliesslich in die dorsalen Venen einmünden (Taf. I, Fig. 6, V. v.). Manchmal sind die eben beschriebenen Venen durch longitudinale Stämme verbunden, die zuletzt in die dorsalen Venen oder in jene Venen münden, welche die dorsalen Wurzeln der Nerven begleiten. Während ihres Verlaufes über die lateralen Flächen und die dorsale Fläche ergiessen sich in diese Venen auch solche Venen, die aus der Medulla stammen.

Dagegen laufen andere aus der Nervensubstanz stammende Venen, isoliert oder zu grösseren Stämmen vereinigt, über die

Seitenflächen und die dorsale Fläche und münden direkt in die dorsalen Venen. Die Gesamtheit aller dieser Venen bildet das zweite der obengenannten Systeme.

Die Venen, die aus der Meninx stammen und jene, die das Blut aus der Nervensubstanz sammeln, halten sich nicht vollkommen getrennt voneinander; ich habe bereits erwähnt, dass Venen des Rückenmarks direkt in die Venen der Meninx einmünden können; ausserdem sind sie durch viele Anastomosen miteinander verbunden, die ein Netz mit sehr unregelmässigen Maschen bilden.

Die dorsalen Venen, die das aus der ganzen Medulla und ihrer Meninx stammende Blut sammeln, sind in verschiedener Anzahl, von 1—3, vorhanden, haben ein beträchtliches Kaliber und sind, wenn mehr als eine vorhanden ist, durch transversale Äste miteinander verbunden, so dass ein wahrer Plexus medullaris dorsalis entsteht (Taf. I, Fig. 6, P. d.). Von Strecke zu Strecke lösen sich an den Stellen, die den dorsalen Wurzeln der Nerven entsprechen, laterale Äste, meist zwei an der Zahl, ab, die sich nach kurzem Verlauf in einen einzigen Stamm ergiessen, der aus dem Wirbelkanal austritt.

Wenn man die Gefässe des Rückenmarks von Acipenser mit den der untersuchten Elasmobranchii vergleicht, trifft man bald auf tiefgehende Unterschiede. Bei den Elasmobranchii teilen sich die Aa. vertebro-medullares nach ihrem Eintritt in den Wirbelkanal in zwei Äste: einen dickeren ventralen, der die unmittelbare Fortsetzung des Stammes darstellt, und der eine ansehnliche A. medullaris längs der ventralen Medianlinie bildet — und einen für gewöhnlich sehr dünnen dorsalen, der die Tractus laterales entstehen lässt. Bei Acipenser wenden sich die Aa. vertebro-medullares, sobald sie in den Wirbelkanal gelangt sind, ein wenig dorsalwärts und bilden zwei ansehnliche Tractus laterales, und von diesen oder direkt von den Aa. vertebro-medullares gehen, den Ursprungsstellen der ventralen Wurzeln entsprechend, Äste aus,

die längs der Medianlinie der ventralen Fläche eine dünne A. medullaris bilden. Die Verteilung der Aa. vertebro-medullares und die Wichtigkeit der A. medullaris und der Tractus laterales sind daher bei den beiden Ordnungen in der That ganz verschieden.

Eine andere wesentliche Verschiedenheit zeigt sich in der Art der Verteilung der Arterien, da diese sich bei den Elasmobranchii beinahe ausschliesslich im Innern der Medulla und ganz besonders in der grauen Substanz in Kapillaren auflösen, während dies bei Acipenser in viel beschränkterer Weise geschieht, weil die Äste der A. medullaris sich auf der Meninx primitiva verzweigen. Wenn man nun die Verteilung der Arterien bei den Neunaugen ins Auge fasst, bei denen dieselbe sich ausschliesslich in der Meninx primitiva vollzieht, so sieht man, dass der Acipenser in dieser Beziehung zwischen den Cyclostomata und den Elasmobranchii eine Mittelstellung einnimmt.

§ III.

Teleostei.

Unter den Teleostei habe ich die Gefässe des Rückenmarks von Anguilla vulgaris Flem., von Congro-muraena balearica Kp., von Esox lucius L. und von Belone vulgaris Flem. studiert.

Ich bin bei der Injektion dieser Fische auf grosse Schwierigkeiten gestossen, auch wenn ich ganz frisches Material verwendete. Bei Anguilla, Congro-muraena und Belone hat mir jene Methode die besten Resultate gegeben, die ich bei der Untersuchung der Rückenmarksgefässe der Cyclostomen anwendete; dagegen habe ich bei Esox lucius meine Zuflucht zu den Modalitäten der Technik genommen, die ich benutzte, um die Gefässe des Rückenmarks der Elasmobranchii zu injizieren.

Anguilla vulgaris.

Dorsal von dem Rückenmark verläuft im perimeningealen Fettgewebe eine dicke Arterie, die ich mit dem Namen A. me-

dullaris dorsalis bezeichne. Sie steht mit der Meninx primitiva durch dünne Bälkchen in Verbindung, die ihr eine bedeutende Lageveränderung gestatten, und ihre Adventitia zeigt häufig ähnliche Pigmentzellen wie diejenigen, die sich in der Meninx finden. Ihre Lage ist häufiger in einem der Winkel, die zwischen der Endorhachis und dem Rückenmark dorsal von den Ligamenta denticulata bleiben; die dorsalen Wurzeln liegen deshalb ventral von ihr; bisweilen kann sie medialwärts und zwar selbst bis an die Stelle der Medianlinie verschoben sein und ich bin der Ansicht, dass dies durch die Schwäche der Bälkchen, die sie mit der Meninx primitiva verbinden, künstlich hervorgebracht wird. Ihr Verlauf ist geradlinig und ununterbrochen, und ihr Kaliber im ganzen Rückenmarkskanal beinahe gleichförmig. Sie beginnt im Innern des Schädels und giebt im kranialen Teil Äste ab, die sich an das Gehirn verteilen; sie tritt aus dem Foramen occipitale magnum, dorsal von der Medulla oblongata gelegen, aus und setzt sich bis zum kaudalen Ende des Rückenmarks fort. Während ihres Verlaufes nimmt sie ab und zu an jedem zweiten oder dritten Wirbel ansehnliche Rami afferentes auf, welche die Endigungen dicker Aa. vertebromedullares darstellen. Sie dringen in den Wirbelkanal durch dessen ventrale Wand mittelst derselben Öffnungen, die den ventralen Wurzeln zum Austritt dienen; sie laufen daher lateralwärts zuerst durch die grosse Vene des perimeningealen Gewebes und die Endorhachis, dann durch die Meninx primitiva und die lateralen Wände des Wirbelkanals, und münden schliesslich unter rechtem oder beinahe rechtem Winkel in die A. medullaris dorsalis. Diese Arterien sind nicht symmetrisch und auch nicht regelmässig, und wechseln meistens auf den beiden Seiten miteinander ab. Ihr Kaliber beträgt im Mittel ungefähr die Hälfte desjenigen der A. medullaris und ihr Lauf ist geradlinig oder leicht gewunden; sie liegen im perimeningealen Gewebe, sind aber fester mit der Meninx verbunden als mit der Endorhachis.

Von der A. medullaris dorsalis habe ich niemals Äste entspringen sehen, so dass diese als eine Längs-Anastomose

zwischen den Aa. vertebro-medullares angesehen werden kann, die nicht direkt an der Ernährung des Rückenmarks teil nimmt.

Von den Aa. vertebro-medullares gehen mediale Äste ab, die nach kurzem Verlauf auf der lateralen Fläche der Medulla in deren Inneres eindringen. Sie geben, bevor sie die Meninx primitiva verlassen, an diese dünne Längsäste ab, die sich, ohne sich weiter zu teilen, oder, nachdem sie sich in kleinere Ästchen geteilt haben, in transversale, auf dieser Fläche liegende Venen ergiessen.

Die Äste der Aa. vertebro-medullares, die in das Rückenmark eindringen, finden sich gewöhnlich an den Stellen, die den ventralen Nervenwurzeln entsprechen. Sie ziehen quer durch die weisse Substanz, ohne ihr irgendwelche Abzweigungen zu geben und teilen sich nach Erreichung der grauen Substanz sofort in zwei Äste, einen cranialen und einen kaudalen, die in dem mehr lateralen Teil der ventralen grauen Säulen gelegen sind; manchmal anastomosieren diese kranialen und kaudalen Äste mit den benachbarten Ästen. Von ihnen trennen sich zahlreiche Ästchen von kapillarer Struktur ab, die sich meistens T-förmig teilen, mit den Nachbarkapillaren anastomosieren und so ein Netz bilden, das sich über die ganze graue Substanz erstreckt. Dessen Maschen sind gewöhnlich rundlich und in verschiedenen Ebenen gelegen; häufig ist ihr Längsdurchmesser grösser als der Querdurchmesser. Von dem Netz der grauen Substanz erstrecken sich auch Maschen in die weisse Substanz, wobei sie meist den radiären Fortsätzen folgen, die von der Peripherie der grauen Substanz auslaufen; gewöhnlich fehlen der peripheren Zone der weissen Substanz, d. h. der von der Meninx primitiva überzogenen Partie, die Kapillaren.

Das Blut, das in dieser Weise durch das Rückenmark geflossen ist, sammelt sich in einer ansehnlichen Längsvene, die ventral vom Ependymkanal, unter der Commissura inferior gelegen ist. Das Kaliber dieser Vene variiert beträchtlich, da sehr dicke Strecken mit ausserordentlich dünnen abwechseln; sie ist nicht längs des ganzen Rückenmarks vorhanden, und es sind auch

nicht selten in ihrem Verlaufe Unterbrechungen zu finden. Von Strecke zu Strecke und meistens abwechselnd mit Ästen der Aa. vertebro-medullares trennen sich von ihr dicke ausführende Venen ab, welche die graue und die weisse Substanz durchziehen ohne Äste aus ihnen aufzunehmen und in der Nähe des Winkels enden, der durch das Zusammentreffen der ventralen Fläche mit den lateralen Flächen der Medulla gebildet wird. Sie enden, indem sie direkt in die Sinus ventrales des perimeningealen Gewebes einmünden. In diesen sammeln sich auch die transversalen Venen, die aus dem Netz der Meninx primitiva stammen.

Bei der Blutcirkulation des Rückenmarks von Anguilla vulgaris sind also zwei Gefässsysteme beteiligt, eins, das der Meninx primitiva eigen ist, und ein anderes das für die Nervensubstanz bestimmt ist; diese Systeme kommunizieren ausschliesslich durch spärliche dünne Kapillaren, entspringen jedoch beide von den Aa. vertebro-medullares und sammeln sich alle beide in den Sinus des perimeningealen Gewebes. Die Congromuraena balearica zeigt ähnliche Verhältnisse wie Anguilla, während Belone vulgaris und Esox lucius sich in wesentlichen Punkten davon unterscheiden; bei ihnen fehlt nämlich die A. medullaris dorsalis und die dicke in der ventralen Kommissur gelegene Längsvene und es besteht keine so grosse Unabhängigkeit zwischen dem Gefässsystem der Meninx und dem der Nervensubstanz.

Da meine Untersuchungen ein derartiges Ergebnis gehabt haben, ist es nicht möglich festzustellen, welches die typische Anordnung der Rückenmarksgefässe bei den Teleostei ist. Man kann meines Erachtens nur behaupten — und das ist die Thatsache, die uns am meisten interessiert —, dass bei den Teleostei gerade wie bei den anderen Fischen, der Übergang von den Arterien zu den Venen nicht nur im Innern des Rückenmarks sondern auch in der Meninx primitiva stattfindet.

Schlussfolgerungen.

Die Art der Gefässverteilung im Rückenmark zeigt bei allen Fischen gemeinsame Charaktere, die sie als viel komplizierter erscheinen lassen als die der Cyclostomen.

Vor allem macht sich eine grössere Gleichförmigkeit in der Blutversorgung des Rückenmarks bemerkbar; bei den Cyclostomen hat sie segmentären Charakter, wie wir an den betreffenden Stellen gezeigt haben, während die Aa. vertebro-medullares bei den Fischen nach ihrem Eintritt in den Wirbelkanal durch Längsäste, die auf der Meninx primitiva liegen, mit einander verbunden sind und demnach dem Gefässystem der Medulla einen grossen Teil seines segmentären Charakters nehmen. Im allgemeinen bilden diese mit einander anastomosierenden Äste drei Ketten von Anastomosen, zwei paarige und einen unpaaren.

Von den paarigen liegt einer auf jeder Seite des Rückenmarks zwischen den ventralen und dorsalen Nervenwurzeln; bei den Ganoidei erreichen sie ihre grösste Entwickelung, bei den Teleostei sind sie immer dünn.

Die unpaare Anastomose ist die A. medullaris, ein dickes Gefäss, das bald längs der ventralen Medianlinie, bald bei der dorsalen gelegen ist und durch Bindegewebsbälkchen mit der Meninx primitiva verbunden wird. Nicht selten zeigt sie Maschen in ihrem Verlauf, am häufigsten an den Stellen, an denen die Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium in sie einmünden. In ihrem kranialen Teil enthält diese Arterie häufig eine grosse Menge Blut, das nicht dem Rückenmark, sondern dem Gehirn zugeführt wird; auf dieser Strecke hat sie daher einen beträchtlichen Umfang und wird bei manchen Arten von mehreren Ästen gebildet, die einen wahren Plexus bilden können.

Von den eben erwähnten Anastomosen gehen die Äste aus, welche das Rückenmark mit Blut versorgen; sie verhalten sich auf zweierlei Weise, d. h. sie dringen entweder in die Nervensubstanz oder sie enden in der Meninx primitiva. Zweifellos zeigen die Fische auch in dieser Beziehung

eine sehr beträchtlich höhere Entwickelungsstufe als die Cyclostomen, da sich bei diesen die Arterien ausschliesslich auf der Meninx verzweigen und deshalb die Nervensubstanz nur in indirekter Weise ernähren.

Die A. medullaris hat nur eine sekundäre Bedeutung für die Blutversorgung des Rückenmarks, sie schickt nur spärliche feine Äste hinein, die, wenn sie für die Nervensubstanz bestimmt sind, immer erst eindringen, nachdem sie eine gewisse Strecke der Oberfläche durchlaufen haben. Dagegen haben die Tractus, bezüglich die Aa. laterales, eine grössere Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarks; die Aste, welche sie hinein schicken, sind dick und zahlreich, und ihre Eintrittsstellen finden sich zum grössten Teil an der lateralen Fläche oder im lateralen Drittel der ventralen oder der dorsalen Fläche; es möchte scheinen, als ob sie derart angeordnet wären, dass sie einen möglichst kurzen Weg zu machen haben um die graue Substanz zu erreichen, deren grösserer Kern die ventralen Säulen bildet. Diese Arterien wenden sich dann nach der grauen Substanz und verteilen sich zum grössten Teil in dieser, die ja wegen ihrer komplizierten Funktionen die reichlichste Blutversorgung nötig hat.

Den Weg, den das arterielle Blut vollführt, um sich im Rückenmark zu verteilen, ist also von der Peripherie nach dem centralen Teil gerichtet, deshalb kann man sagen, dass diese Verteilung bei den Fischen nach einem centripetalen Typus erfolgt.

In die graue Substanz gelangt, enden die Arterien in einem Capillarnetz mit ziemlich dichten Maschen; mittelst desselben erreichen die Stoffwechselbeziehungen zwischen dem kreisenden Blut und den Nervenzellen einen hohen Grad von Vollkommenheit. Von diesen Kapillaren trennen sich andere ab, welche die weisse Substanz durchziehen und sich in immer ansehnlicheren Venenstämmen sammeln, die schliesslich in die oberflächlichen Venen der Medulla einmünden. Deshalb wird die Ernährung der weissen Substanz von Blut bewirkt, welches — wenigstens zum Teil — durch die graue Substanz geflossen

ist und nehmen die Venen, die aus dem Rückenmark kommen, einen dem der Arterien entgegengesetzten Weg, d. h. einen centrifugalen Verlauf.

Kann man wegen dieser Art der Verzweigung der Arterien und des Ursprungs der Venen der Nervensubstanz wohl sagen, dass bei den Fischen Endarterien vorhanden sind in dem Sinne, den Conheim diesem Worte giebt, d. h. dass zwischen den Arterien nach ihrem Eintritt in das Rückenmark direkte Verbindungswege fehlen?

Bei den Teleostei sind solche Verbindungswege nicht selten; dagegen habe ich solche bei den Elasmobranchii und den Ganoidei niemals angetroffen. Darum glaube ich diese Frage, wenigstens in Bezug auf die beiden letzten der erwähnten Ordnungen, bejahen zu können.

Zum Schluss sind noch die Venen der Meninx primitiva einer Betrachtung zu unterziehen. Sie bilden bei den Elasmobranchii ein gewöhnlich sehr dichtes Netz — am dichtesten bei den Ganoidei —, in dem man viele lakunäre Erweiterungen bemerkt, die besonders an den Knotenpunkten gelegen sind. Bei jenen Fischen (Acanthias), bei denen das Blut aus diesem Netz durch längs des ganzen Rückenmarks verteilte Äste direkt in die Sinus der Endorhachis gelangt, sind besondere Sammelgefässe nicht notwendig, dagegen sind solche bei jenen Fischen gut entwickelt, bei denen das Blut aus dem Venennetz in die Sinus der Endorhachis durch Gefässe übergeführt wird, die beträchtlich von einander entfernt, meist metamer angeordnet und den Nervenwurzeln angelagert sind. Das in der That ausserordentliche Kaliber, das einige dieser Sammelgefässe — namentlich das längs der dorsalen Medianlinie gelegene — erreichen, lässt daran denken, dass sie, wenn auch nicht ganz, so doch zum Teil, Funktionen haben wie die Sinus endorhachidis, d. h. dass sie das Blut nicht nur aus der Medulla, sondern auch aus der Endorhachis aufzunehmen haben.

Bei den Fischen und insbesondere bei den Elasmobranchii und Ganoidei findet man eine Anordnung erhalten, die bereits bei den Cyclostomen deutlich erkennbar ist, d. h. von den beiden

Flächen — der ventralen und der dorsalen — ist die erstere vorwiegend arteriell, die zweite vorwiegend venös. Die Erklärung dieser Thatsache ist nicht leicht; man könnte vielleicht für diese Erklärung die Lage des Rückenmarks auf dem Boden des Wirbelkanals oder vielleicht die starke Entwickelung der ventralen Säulen gegenüber der übrigen grauen Substanz verwerten.

Kapitel III.

Amphibia.

Die Gefässe des Rückenmarks sind nur von den Urodela durch das Verdienst Schöbls (1882) bekannt; über die Anura besitzen wir nur wenige Kenntnisse, die sich allein auf die oberflächlichen Gefässe beziehen, und die wegen des Mangels an Kenntnissen über die Anatomie der Rückenmarkshäute dieser Wirbeltiere weit davon entfernt sind exakt zu sein.

Zum Studium dieser Gefässe habe ich grosse Exemplare bald nach dem Tode mit kalt oder warmflüssiger Masse injiziert, die ich mittels einer Spritze mit Schraubengang durch den Bulbus der Aorta oder durch die Venae cavae einspritzte, je nachdem ich die Injektion der Arterien oder der Venen wünschte. Um die Kapillaren zu füllen, habe ich es besser gefunden die Injektion durch die Arterien vorzunehmen; auf diese Weise ist ist es mir oft gelungen auch die Venen zu injizieren. Diese Injektionen gelingen gewöhnlich mit Leichtigkeit.

§ 1.

Amphibia urodela.

Über die Blutgefässe des Rückenmarks dieser Wirbeltiere wissen wir folgendes: Schöbl (1882, S. 89) hat beobachtet, dass das Rückenmark von Salamandra maculosa ventral von einer A. spinalis durchzogen ist, welche von Strecke zu Strecke laterale Verzweigungen aussendet, die ein Netz bilden;

von diesem gehen Kapillarschleifen aus, die in das Innere des Marks dringen. Er giebt ausserdem an, dass die Gefässe des ventralen Teils der Medulla spinalis sich lateral in zwei Venen sammeln, die schliesslich in den Plexus des IV. Ventrikels münden, und dass längs der dorsalen Medianlinie eine Vena spinalis läuft, die mit den obengenannten Venen communiciert. Bei Triton, Proteus, Amblystoma und Menobranchus finden sich ähnliche Verhältnisse. Hofmann (1900, S. 254) erwähnt nur, dass in den Tractus spinalis ventralis (A. spinalis von Schöbl) sich von Strecke zu Strecke kleine Nervenarterien ergiessen und dass sich von ihm laterale Äste loslösen.

Ich werde die Rückenmarksgefässe von Triton cristatus Laur. in ausführlicher Weise beschreiben und mit wenigen Worten zusammenfassen, was ich bei Salamandra maculosa Laur. beobachtet habe.

Triton cristatus.

Arterien — Aa. vertebro-medullares. — Sie dringen in den Wirbelkanal zusammen mit den Nervenwurzeln ein, deren kaudalen Oberfläche sie anliegen. Nachdem sie feine Zweige an die Endorhachis abgegeben haben, teilen sie sich in dem perimeningealen Raum in zwei Äste, einen ventralen und einen dorsalen. Der dorsale Ast ist stets vorhanden, der ventrale fehlt häufig, und meistens wechselt er rechts und links ab. Das Kaliber der beiden Äste ist beinahe gleich; wenn der ventrale fehlt, wird der dorsale Ast zum Endast der A. vertebro-medullaris.

Der ventrale Ast, oder die A. radicalis ventralis (Taf. I, Fig. 7, A. r. v.), begleitet die entsprechende ventrale Wurzel nicht, sondern liegt ein wenig kranialwärts von ihr, erreicht die Meninx primitiva, durchzieht deren äussere Schicht, und wendet sich, indem sie zwischen dieser und der inneren Schicht durchläuft, gegen die ventrale Medianlinie; indem sie sich gleichzeitig mit schrägem Verlauf kranialwärts wendet, mündet sie schliesslich in die A. medullaris. Während dieses Übergangs ist die A. radicalis ventral von den Kapillaren gelegen, welche sich, wie

ich im folgenden beschreiben werde, auf der Oberfläche des Marks ausbreiten (Fig. 5 im Text).

Auch der dorsale Ast der A. vertebro-medullaris, oder die A. radicalis dorsalis, verlässt die gleichnamige Wurzel kurz nach ihrer Entstehung, und erreicht mit schrägem Verlauf kranialwärts die laterale Fläche des Marks ein wenig oberhalb des entsprechenden Ligamentum denticulatum, meistens an der Stelle seiner Auszahnung. Auch er durchzieht die äussere Schicht der Meninx primitiva, und teilt sich nachher in zahlreiche Äste (8—10), die sich in radiärer Richtung an den lateralen Flächen der Medulla verteilen. Manchmal lassen sich unter diesen Ästen zwei für eine jede A. radicalis dorsalis, ein kranialer und ein kaudaler Ast, unterscheiden, welche ein grösseres Kaliber haben als die andern, und längs der lateralen Flächen verlaufen; sie anastomosieren oft mit den gleichen benachbarten Ästen, und bilden auf diese Weise Bogen mit dorsaler Konvexität, die zwischen der einen und der andern A. radicalis dorsalis ausgespannt sind (Taf. I, Fig. 8, A. r. d. und Fig. 6 im Text).

A. medullaris (Taf. I, Fig. 7). — Sie ist sehr ansehnlich im Verhältnis zur Ausdehnung des Rückenmarks; ihr Durchmesser ist ungefähr mm 0,05. Sie liegt am Anfang der gleichnamigen Fissur, und ist ventral von dem Ligamentum ventrale bedeckt; sie springt nicht über die Oberfläche der Meninx vor. In den transversalen Schnitten hat sie dreieckige Gestalt mit sehr abgerundeten Ecken. Sie beginnt kranialwärts, indem sie die A. basilaris fortsetzt, und endigt kaudalwärts, nachdem sie bedeutend dünner geworden ist, an der Spitze der Cauda; ihr Kaliber ist gleichförmig. In sie münden, wie ich schon erwähnt habe, die Aa. radicales ventrales; an den Einmündungsstellen zeigt die A. medullaris Erweiterungen von dreieckig prismatischer Gestalt, deren Spitze gegen die Aa. radicales gekehrt ist; ausserdem gehen laterale Äste von ihr aus (vergl. die nachfolgende Figur).

Verteilung der Arterien in der Meninx primitiva; Gefässe der Rückenmarkssubstanz. — Von der Arteria

medullaris, den Arteriae radicales ventrales und den Arteriae radicales dorsales entspringen zahlreiche Äste, welche zwischen der äusseren und inneren Schicht der Meninx liegen. Diejenigen, welche von den Aa. radicales ventrales oder der A. medullaris stammen, verteilen sich an der ventralen Fläche; die andern breiten sich auf den lateralen Flächen und zum Teil auch an der dorsalen aus; es giebt keine direkte Verbindung zwischen den einen und den andern. Die Äste der A. medullaris sind in der Zahl von 2—5 jederseits auf der Strecke der Arterie vorhanden, die von zwei Paar auf-

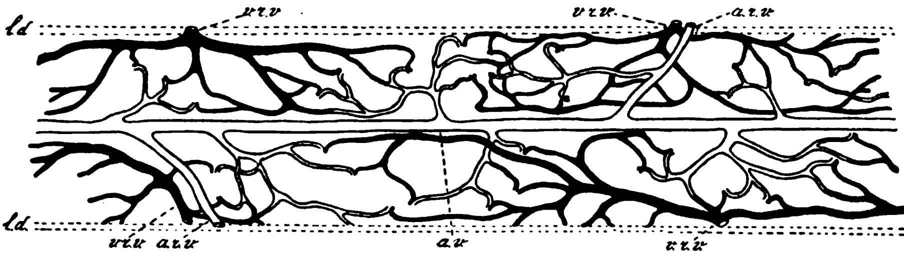


Fig. 5.

Blutgefässe der ventralen Fläche des Rückenmarks, entsprechend den vorderen Gliedmassen, von Triton cristatus (Vergr. 35 fach) — *a.r.v.* Arteria radicalis ventralis, *a.v.* Arteria medullaris, *v.r.v.* Vena radicalis ventralis, *l.d.* Ligamentum denticulatum. Die letzten Arterienverzweigungen bilden zum Teil Schleifen, zum Teil gehen sie direkt in die Venen der Meninx über.

einanderfolgender ventraler Wurzeln begrenzt ist; ihr Kaliber beträgt im Mittel mm 0,02—0,03; sie begeben sich in das laterale Drittel der ventralen Fläche, und verzweigen sich dort in Kapillaren, die sich zu verteilen beginnen und sich bald medial bald lateralwärts wenden (Fig. 5 im Text).

Diejenigen, welche ihren Ursprung von den Aa. radicales ventrales nehmen, sind im allgemeinen dünn, und endigen nach kurzem Verlauf in Kapillaren (Fig. 5); bei dem grössten Teil dieser Arterien fehlen letztere jedoch.

Endlich teilen sich die Äste, welche das Ende der Aa. radicales dorsales bilden, in beträchtlicher Zahl in Kapillaren, wie die oben beschriebenen; diese finden sich besonders in der dorsalen Hälfte der lateralen Flächen (Fig. 6 im Text).

Die Kapillaren, welche die letzten Verzweigungen der kurz vorher erwähnten Arterien bilden, biegen sich nach verschiedenem Verlauf plötzlich um und dringen in das Innere des Marks mit meist gegen dessen Achse senkrechter Richtung, manchmal jedoch auch in schräger; sie erreichen meistens die graue Substanz und biegen sich plötzlich zu Schleifen um und bleiben ohne das Kaliber zu ändern, an dem eben beschriebenen Ast fest anhaften, kehren dann zur der Oberfläche der Medulla zurück, und bilden so die ersten Anfänge der Venen des Rückenmarks (Taf. IV, Fig. 2). In den Schnitten durch das Rückenmark des Triton, zeigen sie sich deshalb, wenn die Gefässe querdurchschnitten sind, immer in der Zweizahl, ein Gefäss nahe bei dem andern. Ausser in den Schnitten des injizierten Marks kann man die eben beschriebenen Schleifen leicht untersuchen, wenn man die Meninx längere Zeit in Müllerscher Flüssigkeit konservirt, mit ein wenig Vorsicht von dem Rückenmark abzieht und mit irgend einer Substanz der mikroskopischen Technik färbt. Die Kapillaren sind manchmal, anstatt, wie es die Regel ist, eins dem andern parallel zu laufen, spiralisch eins um das andere gewunden.

Die Kapillarschleifen gehen zum grössten Teil von der dorsalen Hälfte der lateralen Flächen der Medulla aus; selten sind die, welche ihren Ursprung von der dorsalen Fläche nehmen, äusserst selten alsdann die, welche von der ventralen Fläche herstammen. Man kann deshalb behaupten, dass sie fast ausschliesslich aus den Aa. radicales dorsales hervorgehen.

Weiter ist zu bemerken, dass, während alle Äste der ebengenannten Arterien durch Schleifenbildung enden (siehe Figg. 5 u. 6 im Text), nur einige der von der A. medullaris und den Aa. radicales ventrales herkommenden Äste Schleifen bilden, während andere direkt in eine Vene der Meninx übergehen (Fig. 5).

Venen. — Wie ich schon angedeutet habe, bilden die abführenden Äste der Schleifen den Ursprung der Venen; sie münden in der Meninx nahe der Eintrittsstelle der zuführenden Kapillaren (Figg. 5 u. 6 im Text), biegen plötzlich im Winkel

um und laufen auf der Medullaroberfläche, indem sie für eine gewisse Strecke dieselbe Richtung wie die arterielle Verzweigung einhalten, von welcher der zuführende Ast der Schleife abstammt; hierauf vereinigen sie sich und bilden immer grössere Stämme. Daher bilden auf der Oberfläche der Medulla die Verzweigung der Arterien und die Vereinigung der Venen als Ganzes ein Netz, mit Maschen, die ventral weiter sind als lateral, und verschiedene Gestalt besitzen; im Verlauf dieser Maschen bemerkt man Unterbrechungen (siehe Fig. 5 und Fig. 6 im Text) die davon herrühren, dass die Kapillaren in die Tiefe dringen um die Schleifen zu bilden.



Fig. 6.

Blutgefässe einer Hälfte der dorso-lateralen Fläche einer Strecke des Rückenmarks von Triton cristatus — von einer den vorderen Gliedmassen entsprechenden Stelle genommen (Vergr. 35 fach) — *a.r.d.* Arteria radicalis, *v.d.* Vena medullaris, *v.r.d.* Vena radicalis dorsalis. Man bemerkt eine Anastomose zwischen den beiden Aa. radicales dorsales; alle Arterien enden durch Bildung von Schleifen.

Die Venen des Rückenmarks bilden, wie die Arterien, zwei Systeme, eines ist der ventralen Fläche eigen und eines ist der dorso-lateralen Fläche zugehörig; die Ligamenta denticulata trennen das Gebiet des einen Systems von dem des andern. Während jedoch von den beiden arteriellen Gebieten niemals das eine mit dem andern kommuniziert, sind die beiden Venensysteme untereinander durch Äste verbunden, die unterhalb der obenerwähnten Ligamenta hinziehen.

Das ventrale Venensystem (Taf I, Fig. 7 u. Fig. 5 im Text) ist medial von parallelen Stämmen der A. medullaris und lateral von parallelen Stämmen der Ligamenta denticulata begrenzt; die einen und die andern fliessen in der Nähe der ven-

tralen Nervenwurzeln zu grösseren Stämmen zusammen, die Vv. radicales ventrales genannt werden können. Auch die Äste, die von der lateralen Fläche herkommen, und die, wie ich oben erwähnt habe, die Ligamenta denticulata durchziehen, münden in die parallelen Stämme der Ligamenta denticulata oder direkt in die Vv. radicales ventrales.

Das dorso-laterale Venensystem (Taf. I, Fig. 8 u. Fig. 6 im Text) ist von Venen gebildet, welche das in den Aa. radicales dorsales enthaltene Blut sammeln; längs der dorsalen Medianlinie vereinigen sie sich zu einem grossen Sammelgefäss, welches V. medullaris dorsalis (V. d.) genannt werden kann. Sie ist in einer kleinen Furche der Medulla gelegen und hat geradlinigen Verlauf und einförmiges Kaliber. Sie beginnt in der Cauda, und endet kranialwärts, ohne jegliche Unterbrechung auf ihrem Wege, im Gehirn an der Stelle des kaudalen Endes des IV. Ventrikels. Von ihr gehen spärliche laterale Äste aus, die dem Verlauf der dorsalen Wurzeln folgen, und deshalb den Namen Vv. radicales dorsales (V. r. d.) verdienen; sie zeigen gar keine Regelmässigkeit bezüglich ihres Ursprungs, und sammeln Äste von der dorsalen und der lateralen Fläche der Meninx. Diese Venen sind, wie die Aa. radicales, zwischen zwei Blättern der Meninx, aber ausserhalb des Gefässnetzes dieser Membran, gelegen.

Salamandra maculosa.

Die Gefässe bei Salamandra zeigen keine nennenswerten Unterschiede gegen diejenigen bei Triton. Ihre Verteilung in der Meninx primitiva ist bei einigen Exemplaren auch bei nicht injicirtem Material deutlich genug durch die intensive Pigmentierung ihrer Wände zu erkennen; nicht selten begleiten die pigmentierten Zellen die Schleifen auch in das Innere der Nervensubstanz.

Wenn auch die Resultate meiner Untersuchungen über die Blutgefässe des Rückenmarks bei den Amphibia urodela mit den-

jenigen der Untersuchungen Schöbl's in Bezug auf das Vorhandensein der Kapillarschleifen, die von der Peripherie in das Innere der Nervensubstanz dringen, übereinstimmen, so weichen sie doch bezüglich der Beschreibung der Gefässe der Meninx primitiva bedeutend davon ab.

Während für Schöbl alles Blut, das die Medulla durchfliesst, von einem unpaaren Stamm herkommt, der längs der ventralen Medianlinie liegt, habe ich statt dessen gefunden, dass die Aa. vertebro-medullares sich in die Aa. radicales ventrales und dorsales teilen, die sich an der ventralen und an der dorsalen Fläche entsprechend verteilen; die ersteren münden in eine dicke A. medullaris, die dorsalen verzweigen sich statt dessen an den lateralen Flächen und anastomosieren manchmal durch longitudinale Äste untereinander. Ausserdem hält Schöbl daran fest, dass das Blut der ventralen Fläche sich in zwei lateralen Venen sammelt, die in den Plexus des IV. Ventrikels münden; ich habe die Anwesenheit solcher Venen nicht gefunden, und es ist wahrscheinlich, dass sie nichts anderes als die Sinus endorhachidis sind, umsomehr als Schöbl Verbindungen zwischen ihnen und der V. medullaris erwähnt; nun haben aber diese Sinus nichts mit den Rückenmarksgefässen zu tun. Dagegen konnte ich an der Ursprungsstelle jeder ventralen Wurzel eine kleine V. radicalis ventralis beobachten, die das Blut der ventralen Fläche hauptsächlich durch laterale und mediale Äste sammelt; das Blut des übrigen Teils der Medulla mündet entweder in die V. medullaris, deren Vorkommen auch von Schöbl angegeben wird, oder in die lateralen Aste, die von ihr ausgehen (Vv. radicales dorsales). Schöbl hatte die gleichen Anordnungen gefunden, wie die von ihm bei Salamandra, bei Triton, auch bei Proteus, bei Amblystoma und bei Menobranchus beschriebenen; obgleich ich kein Exemplar dieser Arten zu meiner Verfügung hatte, bin ich auf Grund dessen, was ich bei Salamandra und bei Triton beobachtet habe, doch geneigt auch für diese Arten das Vorkommen einer derartigen Gefässverteilung zu bezweifeln.

Die Aa. radicales dorsales führen dem Rückenmark den grössten Teil des Blutes zu, und verteilen sich hauptsächlich an den lateralen Flächen; daher kommt es, dass von dieser Fläche die grösste Anzahl der Schleifen in das Innere des Marks eindringt. Die A. medullaris hat also trotz ihres beträchtlichen Kalibers und der Regelmässigkeit ihres Verlauf keine grosse Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarks. Es ist dies eine Eigentümlichkeit, welche die Amphibia urodela mit den Fischen gemein haben.

Die longitudinalen Anastomosen zwischen den Aa. radicales dorsales haben eine grosse Bedeutung, weil sie sehr an die bei vielen Fischen beschriebenen Aa. laterales erinnern; die Anordnung und die Gestalt dieser Anastomosen sind in der That denen der genannten Arterien gleich.

Die Kapillarschleifen, welche in das Rückenmark eindringen, sind immer und ausschliesslich durch das Eindringen einer arteriellen Kapillare entstanden; an der Stelle, an der eine solche umbiegt um die Schleife zu bilden, giebt sie einer Vene den Ursprung; auf diese Weise wird die Blutversorgung der Nervensubstanz bewerkstelligt. Während in den lateralen und in den dorsalen Flächen die Arterien und die Venen nur vermittels Schleifen kommunizieren, bemerkt man in der ventralen Fläche direkte Verbindungen zwischen den Arterien und Venen; mir scheint, dass dies mit der Thatsache in Verbindung gebracht werden muss, dass die Dicke des Rückenmarks lateral und dorsal grösser ist, und daher die Ernährung auf indirekte Weise durch ein in der Meninx enthaltenes Netz nur sehr schwer stattfinden könnte, während in den dünneren ventralen Wänden, dies wohl möglich ist. Denn es ist doch unzweifelhaft, dass die Schleifen für eine gute Cirkulation weniger geeignet sind als die Kapillarnetze; folglich müssen die Gefässe der Fische von diesem Gesichtspunkte als höher entwickelt angesehen werden, als diejenigen der Amphibia urodela.

Was nun den Verteilungsmodus der Arterien in dem Rückenmark betrifft, so haben diese bei den Urodela genau centripetale Richtung; ausserdem sind sie Endarterien in noch

engerem Sinne, als in jenem, in dem von Conheim den Gefässen des centralen Nervensystems diese Bezeichung gegeben wird, weil die Schleifen in gar keiner Weise untereinander kommunizieren.

Endlich bilden die Rückenmarksvenen bei den Amphibia urodela zwei Systeme, ein ventrales und ein dorso-laterales, wie bei den Fischen; das erste ist weniger wichtig als das zweite. Das dorso-laterale System ist von einem Sammelgefäss gebildet, das längs der Medianlinie liegt, und von dem die Vv. radicales dorsales ihren Ursprung nehmen; also auch von diesem Gesichtspunkt besteht eine Übereinstimmung mit dem, was man bei dem grössten Teil der Fische beobachtet. In dem ventralen System beobachtet man kollaterale Stämme der A. medullaris, und andere Stämme, welche den Ligamenta denticulata parallel und benachbart sind; diese Verhältnisse erinnern daher an andere höher entwickelte bei den Fischen.

§ 2.

Amphibia anura.

Die Kenntnisse, welche wir über die Gefässe der Amphibia anura haben, sind sehr spärlich.

O'Neil (S. 59) erwähnt bei Rana das Vorkommen einer V. spinalis dorsalis propria, die speziell im kaudalen Teil des Rückenmarks erkennbar ist.

Gaupp (II. Abt. 2 H., S. 298—299) beschreibt eine A. spinalis ventralis, welche über die ventrale Fläche des Rückenmarks läuft, und in diese Fläche zahlreiche Äste schickt; einige von ihnen anastomosieren mit Spinalästen der A. vertebralis; Äste dieser Arterie gehen auch in die Fissura medullaris.

Hofmann (1900, S. 256) behauptet, dass in den Tractus spinalis ventralis (A. spinalis ventralis von Gaupp) sich nur einige der Arterien der ventralen Wurzeln ergiessen. Was die Venen betrifft, (1901, S. 252—253) welche dieser Autor bei Rana mugiens beschreibt, so hat er an der dorsalen Fläche

des Rückenmarks einen ansehnlichen Tractus venosus spinalis dorsalis beobachtet; wie aus der Beschreibung Hofmanns und den Figuren, welche sie begleiten, hervorgeht, ist dieses Gefäss von Hofmann irrtümlich als ein Gefäss des Rückenmarks beschrieben worden, aber es gehört vielmehr dem Spinalfortsatz der Saccus endolymphaticus an; es ist ausserhalb der Dura mater gelegen, im Innern des obenerwähnten Fortsatzes eingeschlossen, und wurde von mir (S. 173) unter dem Namen Vena prolungamenti spinalis Sacci endolymphatici beschrieben.

Ich werde die Gefässe des Rückenmarks bei Rana esculenta L., Rana fusca Rösel. und Bufo vulgaris Laur. beschreiben, wobei ich mich hauptsächlich bei denen von Rana escul. aufhalten werde.

Rana esculenta.

Arterien — Aa. vertebro-medullares. — Sie dringen quer durch jedes Intervertebralloch und teilen sich, nachdem sie ansehnliche Äste an die Endorhachis und an den Processus vertebralis des Saccus endolymphaticus abgegeben haben, in ventrale, und dorsale Äste, die den Namen Aa. radicales ventrales, respektive dorsales verdienen. Der grösste Teil der Aa. vertebro-medullares verliert sich in dem obenerwähnten Fortsatz des inneren Ohres, und die Aa. radicales sind ausserordentlich dünn, und verteilen sich in der Wurzel, welche sie begleiten, indem sie Venen den Ursprung geben, welche in die der Meninx secundaria münden. Nur einige unter den Aa. radicales ventrales, im allgemeinen 2—4 im ganzen Rückenmark, haben ein ansehnliches Kaliber, durchziehen mit wenig gewundenem Verlauf die ventrale Fläche des Rückenmarks und münden endlich in fast rechtem Winkel in eine dicke A. medullaris ventralis, die längs der ventralen Medianlinie liegt. Die derart entwickelten Aa. radicales ventrales sind in der äusseren Schicht der Meninx secundaria enthalten und ziehen ventral von den Venen der ventralen Fläche (Tafel I, Fig. 9, A. r. v.) her. Die am meisten kranial gelegenen unter

ihnen dringen zwischen dem Atlas und den Ossa occipitalia lateralia ein, und münden in die A. basilaris im Innern des Gehirns, wie Gaupp (loc. cit. S. 310) richtig beschreibt. Gaupp nennt sie Rr. anastomotici A. vertebralis dorsi cum A. basilari; Hofmann (loc. cit. S. 256) hält die Bezeichnung Aa. nervorum spinalium I dafür aufrecht.

A. medullaris (Taf. I, Fig. 9, A. m.). — Die A. medullaris (A. spinalis ventralis von Gaupp, Tractus spinalis ventralis von Hofmann) sorgt für die Vaskularisation des ganzen Rückenmarks. Sie ist in dem Rückenmark am Eingang der Fissura medullaris und in dem Filum terminale längs der ventralen Medianlinie gelegen, ventralwärts vom Ligamentum ventrale der Meninx secundaria bedeckt. Ihr Verlauf wird durch das Vorhandensein zahlreicher Pigmentzellen angedeutet, die sich auf ihren Wänden aneinanderreihen. Sie setzt sich durch das Foramen occipitale magnum in die A. basilaris fort, und endet, bedeutend dünner geworden, im kranialen Teil des Canalis coccigeus.

Nach Hofmann (1900, S. 255) würde die Stelle, welche die Grenze zwischen der A. basilaris und der A. medullaris bezeichnet, durch die Mündung der ventralen Arterienäste des I. Nervenpaares bestimmt sein, die ich bei den Aa. radicales erwähnt habe. Längs des Verlaufs der A. medullaris habe ich niemals Unterbrechungen noch Maschen beobachtet.

Von ihnen gehen selten laterale Äste[1]) aber zahlreiche dorsale Äste aus. Die ersteren kann man nicht bei allen Exemplaren beobachten; oft ist es unmöglich sie deutlich sichtbar zu machen; wenn dies möglich ist, sieht man, wie sie sich

1) Diese lateralen Äste wurden als sehr zahlreich von allen Autoren beschrieben; ich selbst habe dies so getan, als ich die Meninx secundaria (S. 67) beschrieb. Dies rührt von einem Beobachtungsfehler her, der ohne eine genaue Kenntnis der Gefässe der Nervensubstanz nicht leicht zu vermeiden ist. Die zahlreichen Äste, welche von der A. medullaris herzukommen scheinen, sind indessen Venen, welche vom Grunde der Fissura medullaris aufsteigen und auf der ventralen Oberfläche erscheinen, wo sie dorsal von der Arterie hinziehen.

als sehr kleine Gefässe auf der ventralen Fläche des Rückenmarks verteilen, ohne jemals in dessen Inneres einzudringen.

Die letzteren (Taf. IV, Fig. 3) sind sehr dick (ihr Durchmesser beträgt im Mittel 0,030—0,050 mm) und zahlreich; sie durchlaufen das Septum medullare in ventral-dorsaler Richtung, und sind von den beiden Blättern der Meninx secundaria, welche dieses Septum bilden, umschlossen. Die Rr. dorsales trennen sich von der A. medullaris unter verschiedenem Winkel, und ihr Verlauf ist bei den einzelnen ziemlich welchselnd, bei einigen geradlinig, bei anderen gewunden, und bei noch anderen zeigt er winklige Knickungen. Auf dem Grunde der Fissura medullaris angekommen, teilen sie sich in zwei Hauptäste, einen rechten und einen linken, welche den Namen Aa. centrales (Taf. IV, Fig. 3, A. c.) verdienen; diese dringen transversal in das Rückenmark ein und erreichen die graue Substanz. Es ist jedoch zu bemerken, dass am Anfang des Rückenmarks das Septum medullare sehr kurz ist und alsdann lösen sich die Aa. centrales, anstatt von den Rr. dorsales A. medullaris, direkt von der A. medullaris ab. Die letzten wohl entwickelten Rr. dorsales finden sich am Anfang des Conus terminalis; im Filum terminale sind sie ausserordentlich dünn, und fehlen in dem Teil, welcher in dem Canalis coccigeus enthalten ist. In diesem letzten Teil des Rückenmarks gehen von der A. medullaris statt dorsaler Äste nur laterale Äste aus, die sich in der Scheide des Filum terminale verteilen; wenige laterale Aste beobachtet man auch an der Stelle des Conus terminalis und des vertebralen Teils des Filum terminale.

Gefässe der Nervensubstanz (Taf. IV, Fig. 3). — Die Aa. centrales teilen sich ihrerseits, nachdem sie eben die graue Substanz erreicht haben, in zwei Hauptästchen, einen kranialen und einen kaudalen, jeder im Mittel 0,30 mm lang; dieselben bilden zwei fortlaufende Reihen, die, einer auf jeder Seite, ein wenig ventralwärts vom Centralkanal liegen und unter sich mittelst kapillarer Anastomosen in Verbindung stehen. Von den Hauptästchen lösen sich sekundäre los, die sich als ventrale und dorsale unterscheiden lassen; die ersteren wenden

sich ventralwärts und lösen sich bald in zahlreiche Kapillaren auf, die sich in den ventralen Säulen verteilen; die letzteren ziehen seitlich vom Ependymkanal her und enden, nachdem sie zahlreiche Kapillaren haben entstehen lassen, welche die centrale graue Substanz des Rückenmarks mit Blut versorgen, an den dorsalen Säulen, indem auch sie sich in Kapillare auflösen. Das Kaliber alle dieser Kapillaren ist beinahe gleich und beträgt im Mittel 7 μ; sie teilen sich weiter, anastomosieren untereinander und bilden ein Netz, dessen Maschen, in Form und Ausdehnung (im Mittel misst die Seite 0,015 mm) wechseln, und in sehr verschiedenen Ebenen liegen, die sich unter verschiedenem Winkel treffen. Dieses Netz nimmt die ganze graue Substanz ein, und ist ebenso gut in transversalen Schnitten, als in solchen, die der Achse des Rückenmarks parallel sind, zu beobachten.

Im Conus terminalis sind die Maschen dieses Netzes weiter, und sie werden es noch mehr im Filum terminale, bis sie schliesslich gänzlich fehlen.

Von dem Netz der grauen Substanz lösen sich Äste los, die sich zwischen die Fasern der weissen Substanz drängen, sich in ansehnlicheren Gefässen sammeln und schliesslich die Meninx secundaria erreichen. Auf diese Weise bildet sich auch in der weissen Substanz ein Kapillarnetz, das sich hauptsächlich dadurch von dem der grauen Substanz unterscheidet, dass es von weiteren Maschen gebildet wird, die um so grösser sind je näher sie der Peripherie liegen, und aus Kapillaren besteht, die um so dicker sind, je näher sie der Oberfläche des Rückenmarks sind. Ausserdem — und darin besteht der Hauptunterschied — cirkuliert in dem Kapillarnetz der grauen Substanz nur arterielles Blut, das von der A. medullaris stammt, während in dem der weissen Substanz Blut fliesst, welches schon die graue Substanz durchflossen hat; daher vollzieht sich der Stoffwechsel in lebhafterer Weise in der grauen als in der weissen Substanz. Die Kapillaren der grauen Substanz stehen daher zu denen der weissen Substanz in demselben Verhältnis, wie die Gefässe der Malpighischen Knäuel der Niere zu den Kapillaren der Markstrahlen und den gewundenen Rindenkanälchen.

Die Gefässe, die das Blut des Netzes der weissen Substanz sammeln, behalten kapillare Struktur, obgleich ihr Kaliber grösser ist als das der andern Gefässe des Rückenmarks. Ihr Verlauf ist radiär und deshalb in transversalen Schnitten des injizierten Rückenmarks sehr wohl sichtbar. Unter ihnen zeichnen sich durch grösseres Kaliber diejenigen aus, die zwischen den dorsalen Strängen durchlaufen und auf der Oberfläche längs der dorsalen Medianlinie erscheinen; ihr Entstehungsgebiet ist das Kapillarnetz der grauen Substanz, das dorsalwärts vom Centralkanal liegt, und dasjenige, welches den medialen Teil der dorsalen Säulen durchzieht. Auch jene abführenden Gefässe sind ziemlich regelmässig, die am Ende der dorsalen Säulen ihren Ursprung nehmen und lateralwärts mit ein wenig schrägem Verlauf die Meninx secundaria zwischen den dorsalen und lateralen Strängen erreichen.

Die Enden dieser abführenden Gefässe lassen sich sehr deutlich an der Oberfläche einer Medulla mit injizierten Gefässen beobachten, nachdem man diese mit einer Pincette von der Meninx secundaria befreit hat.

Venen. — Die Gefässe, welche aus dem Rückenmark austreten, setzen sich auf der Oberfläche in Venen fort, die ein reiches Netz in der ganzen Meninx secundaria bilden.

Aus den Kapillaren der grauen Substanz, die ventral und lateral vom Centralkanal gelegen ist, und derjenigen des medialen Teils der ventralen Stränge entstehen grosse Venen, welche sich gegen den Grund der Fissura medullaris wenden, zwischen die beiden Blätter, die das Septum medullare bilden, eindringen, und nachdem sie auf einem dem der Rr. dorsales A. medullaris entgegengesetztem Weg dieses Septum durchlaufen haben, die Fläche des Rückenmarks erreichen, wo sie seitlich von der A. medullaris herziehen (Taf. IV, Fig. 3). Zahlreiche Anastomosen verbinden diese Venen untereinander, so dass die Venen, wenn man das Septum medullare nach der Injektion der Gefässe von der Oberfläche betrachtet, ein Netz mit Maschen von verschiedener Form bilden.

Nachdem diese Venen die ventrale Fläche des Rückenmarks erreicht haben, wenden sie sich lateralwärts, indem sie jene Fläche in mehr oder weniger schrägem Verlauf durchziehen; sie fliessen dann zusammen und bilden auf diese Weise immer grössere Stränge, welche die lateralen Flächen erreichen. An der ventralen Fläche sind diese Venen durch anastomosierende Äste untereinander verbunden, und bilden so ein Netz, dessen Maschen transversal verlängert sind; in dieses Netz münden die lateralen Äste der A. medullaris und die Venen, die aus den ventralen Strängen austreten (vergl. die folgende Figur).

An den lateralen Flächen sammeln die obenbeschriebenen oberflächlichen Venen das Blut, das ihnen von den die lateralen Stränge durchziehenden Venen zugeführt wird; sie wenden sich alsdann dorsalwärts, vereinigen sich, sobald sie die dorsale Fläche erreicht haben, mit den Venen dieser Fläche, und bilden auf diese Weise radiäre Systeme, die mit dem Namen Vv. stellatae bezeichnet werden können (Taf. IV, Fig. 3 u. Taf. I, Fig. 10, V. s.); sie bilden zwei Reihen, eine auf jeder Seite, und erinnern so an die ähnliche Systeme von Acanthias

Gewöhnlich sind vier Paare vorhanden; das erste befindet sich zwischen dem II. und IV. Spinalnervenpaar, das zweite zwischen dem IV. und V. Nervenpaar, das dritte zwischen dem V. und VI., und das letzte zwischen dem VI. und VII. Nervenpaar; manchmal sind nur drei Paare vorhanden, alsdann fehlt das kaudale Paar; in anderen Fällen finden sich 3 zur Rechten und 4 zur Linken.

Sie sind nicht immer symmetrisch, vielmehr ist es selten, dass sie es alle gleichzeitig sind. Was ihre Lage betrifft, so befinden sie sich lateral von der dorsalen Medianlinie und ein wenig in dem Innern der dorsalen Wurzeln.

Das erste Paar der Vv. stellatae ist das am meisten entwickelte; es sammelt das Blut des kaudalen Teils der Medulla oblongata, und das der Strecke der Medulla spinalis, die von der Medulla oblongata und dem III. Spinalnervenpaar begrenzt wird; auf dieser Strecke findet sich die Cervikal-Anschwellung.

In dem Endteil der Medulla und im Filum terminale giebt es an Stelle der radiären Systeme eine grosse Vena medullaris dorsalis, die das Blut dieser ganzen Strecke des Rücken-

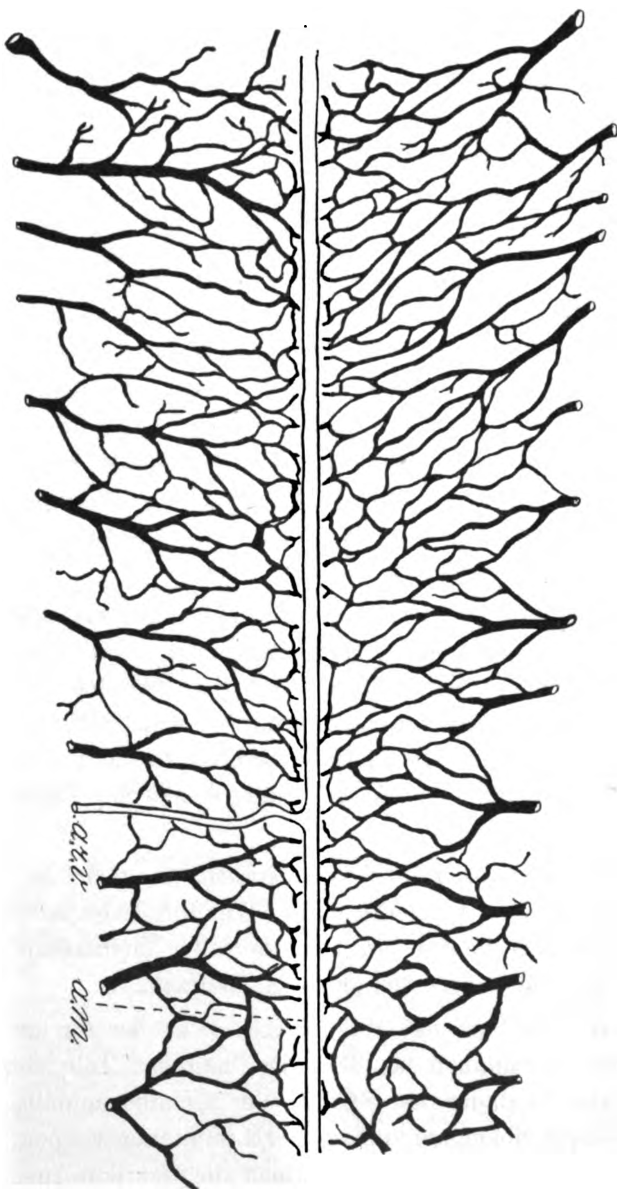


Fig. 7.

Rana esculenta. — Venennetz der Ventralfläche des Rückenmarks (Vergr. 30 fach). — *A. r. v.* Arteria radicalis ventralis; *A. m.* A. medullaris.

marks sammelt (Taf. I, Fig. 10, V. d.). Sie beginnt am Ende des Filum terminale, wird nach und nach ansehnlicher je mehr sie kranialwärts gelangt, und endet im Niveau des VII. und VIII. Nervenpaares, indem sie sich plötzlich nach rechts wendet und der rechten dorsalen Wurzel des obengenannten Nervenpaares zugestellt. Links ist oft ein kleines radiäres System vorhanden.

Die radiären Systeme, ebenso wie die V. medullaris, münden schliesslich in die Venen des Spinalfortsatzes der Ducti endolymphatici, nachdem sie den intraduralen Raum, die Dura mater und den periduralen Raum durchzogen haben. Die Vv. stellatae gehen in die transversalen Äste hinein, die das Blut der lateralen Teile des obengenannten Fortsatzes und der periganglіären Kalksäckchen sammeln.

Ich habe schon angedeutet, dass auch die Venen der dorsalen Oberfläche des Rückenmarks dazu beitragen die Vv. stellatae zu bilden; diese Venen beginnen als direkte Fortsetzung eines der Gefässe, die durch die dorsalen Stränge austreten, auf ihrem Weg das Blut ähnlicher Gefässe aufnehmen und sich zu immer grösseren Stämmen vereinigen, die zuletzt in einem der obenbeschriebenen Systeme endigen. Längs der dorsalen Medianlinie kommen longitudinale grosse Venen vor, welche das Blut der ausführenden Gefässe der Nervensubstanz sammeln, die in der Mitte zwischen den dorsalen Strängen gelegen ist.

Rana fusca.

Seine Rückenmarksgefässe verteilen sich beinahe geradeso wie die von Rana esculenta; der Mangel an Pigment in der Meninx secundaria macht ihren Verlauf weniger deutlich.

Die einzigen Besonderheiten, die ich bemerkt habe, sind die grössere Zahl gut entwickelter Aa. radicales ventrales, die Verminderung der Zahl der Maschen des oberflächlichen Venennetzes, folglich die grössere Weite dieser Maschen, und endlich der Umstand, dass die Vv. stellatae immer von einer dorsalen Wurzel begleitet sind.

Bufo vulgaris.

Die Gefässe des Rückenmarks bei Bufo vulgaris sind im grossen Ganzen wie diejenigen bei Rana esculenta angelegt, sie unterscheiden sich jedoch davon in einigen Einzelheiten, welche besonders die Venen der Meninx secundaria betreffen.

Die grossen Venen, die das Septum medullare durchlaufen, münden nämlich, sobald sie die Oberfläche des Marks erreicht haben, in zwei longitudinale Stämme, die zu beiden Seiten der A. medullaris liegen, und Vv. ventrales medullae spinalis genannt werden können; ausser den Venen, die von der Fissura medullaris herkommen, ergiessen sich in sie zahlreiche kleine Venen, die vom mittleren Drittel der ventralen Fläche des Rückenmarks stammen. Sie beginnen im Filum terminale und setzen sich auf der Medulla oblongata an den Seiten der A. basilaris fort. Ihr Kaliber ist an der Stelle der Lendenanschwellung am grössten, im Filum terminale am kleinsten; zahlreiche Anastomosen, die dorsal von der Arterie hinziehen, lassen sie in ausgedehnter Weise untereinander kommunizieren. An der Stelle der Lendenanschwellung löst sich meistens von der rechten Medullarvene ein dicker Stamm ab, der sich der rechten V. oder VI. Ventralwurzel zugesellt und deshalb den Namen Vena radicalis ventralis verdient; in dem entsprechenden Intervertebralloch setzt er sich auf den Spinalfortsatz des Saccus endolymphaticus fort. Ein anderes Mal giebt es mehr als eine V. radicalis ventralis, aber auch in diesem Falle befindet sich die grösste in der Lendenanschwellung. Die obenbeschriebenen Vv. radicales nehmen während ihres Verlaufs über die Meninx secundaria selten Aste auf.

Von den Vv. medullares ventrales gehen ausserdem kleine Äste aus, welche die ventrale Fläche des Marks transversal durchziehen, indem sie zahlreiche Ästchen auf ihrem Wege sammeln, die von den ventralen Strängen des Rückenmarks herkommen; allmählich vereinigen sich diese Äste zu immer grösseren Stämmen, die, sobald sie die lateralen

Flächen des Rückenmarks erreichen, mit ähnlichen Stämmen, die von der dorsalen Fläche des Rückenmarks stammen, zusammentreten, um die Vv. radicales dorsales zu bilden. Alle diese Aste, welche die ventrale Fläche und die lateralen Flächen des Rückenmarks durchziehen, gleichen denen von Rana.

Die Venen der dorsalen Fläche nehmen ihren Ursprung von Ästen, die auf dem Grunde des Sulcus medianus dorsalis auftreten und sich zu grösseren Asten vereinigen, die sich bald rechts bald links wendend, die dorsale Fläche des Marks durchziehen, wobei sie zahlreiche kleine Gefässe, die von den dorsalen Strängen herkommen, sammeln, und allmählich zu immer ansehnlicheren Stämmen zusammenfliessen. Diese vereinigen sich, wie ich oben erwähnt habe, an den lateralen Flächen des Marks mit gleichen Stämmen, die von der ventralen Oberfläche herkommen und bilden so die Vv. radicales dorsales, welche die dorsalen Nervenwurzeln bis in die Intervertebrallöcher hinein begleiten, alsdann aber verlassen um in den Venen des Spinalfortsatzes des Saccus endolymphaticus zu endigen. Nicht jede dorsale Wurzel ist von einer entsprechenden Vene begleitet; die dorsalen Wurzeln des II. Nervenpaares entbehren gewöhnlich einer solchen und alsdann wird das venöse Blut, das den lateralen Flächen zugeführt worden ist, statt von ihnen, von einem longitudinalen Stamm gesammelt, welcher in die Vena radicalis dorsalis des VI. Paares mündet; diese letztere ist die grösste unter den Vv. radicales dorsales.

Die Venen, die an der dorsalen Oberfläche zwischen der Medulla oblongata und dem Ursprung des II. Spinalnervenpaares münden, werden von 4—6 Stämmen gesammelt, die in radiärem Verlauf in den Plexus des IV. Ventrikels münden.

Die Verteilung der Blutgefässe in dem Rückenmark der Amphibia anura ist sehr verschieden von derjenigen der Amphibia urodela. Während bei den letzteren sowohl die Aa. radicales ventrales als auch die dorsales wohl entwickelt sind, sind bei den Anura nur einige unter den Aa. ventrales gut ent-

wickelt; die anderen, die äusserst dünn sind, sorgen nur für die Ernährung der Nervenwurzeln. Die A. medullaris behält zwar bei den Amphibia anura ihre Lage längs der ventralen Medianlinie bei, lässt jedoch fast ausschliesslich dorsale Äste entstehen, welche in der grauen Substanz angelangt, in einem Kapillarnetz endigen, sodass sie also nur der Ernährung der Medulla dienen; das Blut, welches dort cirkuliert hat, geht in ein Netz mit weiteren Maschen über, das in der weissen Substanz liegt, und sich, auf diese Weise venös geworden, auf der Oberfläche des Marks in zahlreichen Venen sammelt, die ein wirkliches Netz bilden. Das Gegenteil von diesem beobachtet man bei den Amphibia urodela; die A. medullaris giebt fast nur laterale Äste ab; die Arterien, welche in das Mark eindringen, stammen von einem Netz, das in der Meninx liegt; in der Nervensubstanz giebt es keine Maschen, sondern nur Kapillarschleifen. Die Arterien haben bei den Amphibia urodela centripetale Richtung, bei den Anura indessen centrifugale, da sie vom Centrum des Rückenmarks gegen seine Peripherie gerichtet sind; die Venen haben dagegen centrifugale Richtung sowohl bei den Urodela, als auch bei den Anura, obwohl sie bei diesen letzteren teilweise auch centripetale Richtung haben. Während endlich bei den Amphibia urodela die A. medullaris nur eine sekundäre Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarks hat, weil der grösste Teil der Schleifen von Ästen der Aa. radicales dorsales stammt, ist sie dagegen bei den Anura von höchster Wichtigkeit, da alle Äste des Rückenmarks von ihr abstammen.

Welche der beiden Arten, nach denen sich die Blutversorgung des Rückenmarks vollzieht, ist nun als die anatomisch höherstehende zu betrachten?

Wenn man sich Rechenschaft giebt, wie die Blutmassen längs des Rückenmarks verteilt werden um die Wirkung der Metamerie der Aa. vertebro-medullares aufzuheben, dann kann man sagen, dass zwar die arteriellen anastomotischen Wege zwischen den Ästen der Arterien der beiden Arten von der A. medullaris geliefert werden (wir sehen ab von den Anastomosen, die

manchmal die Aa. radicales dorsales bei den Urodela zeigen, weil sie ziemlich wenig Einfluss auf die Entstehungsweise der Kapillarschleifen haben), es macht sich jedoch bei den Amphibia anura die Metamerie der Aa. vertebro-medullares weniger für das Rückenmark fühlbar, weil die Arterien der Nervensubstanz direkt vom Anastomosenstamm (A. medullaris) herkommen, während sie bei den Urodela zum grössten Teil aus den Aa. radicales dorsales, die segmentär sind, entstehen.

Ohne Zweifel sind die Rückenmarkskapillaren bei den Amphibia urodela ausserordentlich einfach; es handelt sich um Schleifen, die beim Übergang einer arteriellen Kapillare in eine venöse Kapillare gebildet werden, und das ist die am wenigsten komplizierte Gefässanordnung, die man sich denken kann, wie sie ja auch in den ersten Entwickelungsstadien auftritt. Bei den Anura bilden sie dagegen Netze, weil die Kapillaren sich teilen und sich dann mit benachbarten Kapillaren vereinigen, und auf diese Weise eine grössere Berührung zwischen der Nervensubstanz und dem cirkulierenden Blute gestatten, also ein vollkommeneres System als die einfachen Schleifen darstellen. Ausserdem wird das arterielle Blut bei den Amphibia anura der grauen Substanz, dem funktionell wichtigsten Teil der Medulla, sofort zugeführt, von hier geht es in die weisse, und sammelt sich endlich in den Venen der Meninx secundaria; bei den Urodela dagegen fliesst das Blut zuerst auf der Meninx, dann durchzieht es die weisse Substanz, erreicht die graue Substanz zuletzt, bildet die Schleife und kehrt alsdann an die Peripherie zurück. Aus allem diesem geht hervor, dass man den Verteilungsmodus bei den Amphibia anura im Vergleich zu demjenigen der Urodela als höher entwickelt ansehen muss.

In dieser Hinsicht glaube ich der Thatsache keine Wichtigkeit beimessen zu sollen, dass das venöse Blut, während es bei den Amphibia urodela durch die Vv. radicales dorsales in die Sinus der Endorhachis geht und von einem grossen Sammelgefäss, der V. medullaris, aufgenommen wird, bei den Amphibia anura direkt (Rana) oder indirekt (Bufo) in die Venen des Spinalfortsatzes des Saccus endolymphaticus geführt wird; denn

diese Thatsache ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, dass das reiche Gefässsystem der Endorhachis der Amphibia urodela durch die vielen Venen des obenerwähnten Divertikels des inneren Ohres ersetzt wird.

Schlussfolgerungen.

Nachdem wir die Unterschiede zwischen der Gefässverteilung der Amphibia urodela und derjenigen der Anura kennen gelernt haben, ist es jetzt notwendig, einen Vergleich zwischen der Anordnung bei ihnen und derjenigen bei den Fischen zu ziehen.

Bei beiden Ordnungen der Amphibien ist, wie bei den Fischen, die Teilung der Aa. vertebro-medullares in einen R. ventralis (A. radicalis ventralis) und in einen R. dorsalis (A. radicalis dorsalis) beibehalten, obwohl dieser letztere bei den beiden Ordnungen ungleich entwickelt ist; die Rr. ventrales sind, wie bei den Fischen, grösser als die Rr. dorsales, und enden in einer ansehnlichen A. medullaris, die im Gegensatz zu den Fischen in ihrem Verlauf keine Maschen besitzt.

Von diesem Augenblick aber beginnen tiefgehende Unterschiede, welche uns nötigen, die Rückenmarksgefässe der Amphibia urodela und der Amphibia anura getrennt mit denen der Fische zu vergleichen.

Wenn man mit den Urodela beginnt, so beobachtet man, dass der grösste Teil der Arterien der Nervensubstanz bei ihnen von den Aa. radicales dorsales herstammt, und dass sie centripetale Richtung haben, sodass sie sich gerade so wie die der Fische verhalten. Während jedoch bei den letzteren Stämme eindringen, die sich nachher in Kapillare teilen, dringen die Arterien bei den Amphibia urodela erst im Kapillarstadium ein, und die Kapillaren biegen sich, statt Netze zu bilden, in Schleifen um und kehren an die Peripherie zurück, um die Venen entstehen zu lassen, die sich längs der dorsalen Medianlinie in einer grossen V. medullaris sammeln. Die ventrale Oberfläche des Rückenmarks ist an Arterien reicher als die dorsale, gerade wie bei den Fischen; endlich zeigen die Amphibia urodela, wie die

Fische, einen direkten Übergang zwischen Arterien und Venen in der Meninx primitiva, sodass das arterielle Blut, welches von den Aa. radicales zugeführt wird, nicht ganz für die direkte Ernährung der Nervensubstanz nutzbar gemacht wird.

Die Art der Verteilung der Rückenmarksgefässe der Amphibia anura ist indessen ohne Zweifel höher entwickelt als die der Fische, wie sie es übrigens auch gegenüber derjenigen der Amphibia urodela ist. Die Gleichmässigkeit des Blutzuflusses längs des ganzen Rückenmarks und seine centrifugale Verteilung, die so eng mit dem funktionellen Wert der beiden Substanzen, die die Nervenachse bilden, in Beziehung steht, erreichen bei diesen Ordnungen einen sehr beträchtlichen Grad der Entwickelung. Ferner bemerkt man, dass zu diesem neuen System der Blutversorgung das Vorkommen einer wirklichen Fissura und eines Septum medullare hinzutritt, sodass man annehmen darf, dass dieses und jenes in irgendwelcher Beziehung zu einander stehen.

Kapitel IV.

Reptilia.

In Bezug auf die Blutgefässe des Rückenmarks der Reptilia kann man wiederholen, was ich in Bezug auf die der Amphibia geschrieben habe. Denn, obwohl wir einige Angaben über die Hauptgefässe, welche die Meninx secundaria durchlaufen, haben, und obgleich wir die Gefässe der Nervensubstanz bei den Ordnungen der Sauria durch das Verdienst der Schöbl'schen Untersuchungen (1878) kennen, ist uns doch die Blutcirkulation des Rückenmarks bei dieser Wirbeltierklasse sogar in ihren Grundzügen unbekannt.

Die Schwierigkeit der Injektionstechnik bei den meist sehr kleinen Tieren kann das Fehlen eingehender Forschungen erklären. Was die Technik anbelangt, so beschränke ich mich auf die Bemerkung, dass ich für die sehr grossen Exemplare (Varanus,

Emys, Testudo, Alligator) Gelatinemasse angewandt habe, und dass ich die Injektion durch die A. carotidis communis oder durch die A. subclavia und durch die V. jugularis vorgenommen habe — während ich für die andern Reptilia eine gesättigte Lösung von Berlinerblau unter Hinzufügung von Glycerin oder Gummi arabicum-Lösung benutzte, die ich durch den Bulbus aorticus oder die Aorta abdominalis einspritzte, wenn ich das Arteriensystem füllen wollte, dagegen durch die Vena cava inferior, wenn ich die Injektion des Venensystems wünschte. Bei den Ophidia habe ich dieselbe Art der Technik benutzen müssen, die ich angewandt habe, um die Cyclostomata und die Teleostei mit sehr in Länge gestrecktem Körper zu injizieren; ohne diese ist es absolut unmöglich, gute Resultate zu erhalten.

Ich habe die Gefässe des Rückenmarks bei den Sauria, den Ophidia, den Chelonia und den Crocodilia erforscht.

§ I.

Sauria.

In Bezug auf die oberflächlichen Gefässe des Rückenmarks dieser Wirbeltiere weiss man durch die Untersuchungen von Rathke (1857, S. 73) nur, dass bei Iguana tuberculata das Rückenmark von einer A. spinalis inferior durchflossen wird, die während ihres ganzen Verlaufs ununterbrochen und maschenlos ist.

Was die Gefässe der Nervensubstanz betrifft, so hat Schöbl (1878), bei Lacerta viridis eine interessante Eigentümlichkeit beobachtet, die darin besteht, dass „. . jede einzelne Arterie von einer entsprechenden Vene bis in die allerfeinsten Verzweigungen ausnahmslos und ohne die geringste Deviation begleitet wird; und nachdem sie kapillare Feinheit erreicht hat, sich in kein Kapillarnetz auflöst, sondern dass jedes kapillare Zweigchen schlingen- oder schleifenförmig in das entsprechende venöse Stämmchen umbiegt (S. 60—61).“ Die gleiche Anordnung hat er an den Kapillaren des Rückenmarks von Anguis fragilis, Pseudopus Pallasii, Stellio cyanogaster und

Platydactylus fascicularis beobachtet; nur bei Chamaeleo vulgaris fehlt sie und deshalb glaubt Schöbl feststellen zu können, dass bei den Sauria die typische Anordnung der Kapillaren, die Bildung von Gefässschleifen ist.

Bei dieser Ordnung habe ich zahlreiche Untersuchungen gemacht, vor allem, um die Morphologie der Gefässe zu studieren, bezüglich derer wir gar keine Kenntnisse besitzen, und dann um festzustellen, ob die von Schöbl gefundene Anordnung allen Sauriern eigentümlich ist oder sich nur bei einigen derselben findet. Ich habe deshalb Arten untersucht, die den Unterordnungen der Fissilinguia, der Brevilinguia, der Crassilinguia und der Vermilinguia angehören; von den Annulata standen mir keine Exemplare zu Gebote.

1. Fissilinguia.

Lacerta viridis Gessn.

Arterien. — Aa. vertebro-medullares. — Sie dringen durch die Intervertebrallöcher ein, auf jeder Seite umgeben von den Sinus der Endorhachis, die um sie eine Art von Venenring bilden, lagern sich, nachdem sie der Endorhachis einige Zweige abgegeben haben, den Nervenwurzeln an und teilen sich, kurz bevor sie die Dura mater durchbohren, je in zwei Äste, einen ventralen, welcher die A. radicalis ventralis ist, und einen dorsalen, der die A. radicalis dorsalis darstellt (Taf. IV, Fig. 4, A. v. m.). Die Aa. vertebro-medullares sind ziemlich regelmässig vorhanden, aber nicht gleichmässig entwickelt.

Die Aa. radicales ventrales (Taf. I, Fig. 11, A. r. v.) ziehen quer über die ventrale Fläche des Rückenmarks und münden in der Medianlinie in eine dicke A. medullaris (A. m.). Das Kaliber der Aa. radicales ist ein wenig geringer als das der A. medullaris; manchmal wechseln die rechts- und linksseitigen miteinander ab, bald sind sie gleichmässig auf beiden Seiten entwickelt, während sie ein anderes Mal gleichzeitig sowohl rechts wie links fehlen. Die letzte Anordnung findet sich am wenigsten häufig und, wenn sie vorhanden ist, werden die

Wurzeln, die unmittelbar kranial und kaudal auf diejenigen folgen, die ohne Aa. radicales sind, meistens von diesen Arterien begleitet.

Das Einmünden dieser Arterien in die A. medullaris geschieht unter einem Winkel von ungefähr 90°. An den Einmündungsstellen habe ich niemals Maschen oder Circuli beobachtet; dagegen habe ich konstant bemerkt, dass die Aa. radicales an diesen Stellen kegelförmige Erweiterungen zeigen, deren Basis gegen die A. medullaris gerichtet ist. Deshalb zeigt die A. medullaris, wenn die Aa. radicales ventrales gleichzeitig auf beiden Seiten entwickelt sind und in ein und derselben Höhe münden (was übrigens nicht häufig vorkommt), an der Mündungsstelle eine rhombische Erweiterung. Während ihres Verlaufs schicken die Aa. radicales ventrales keine Äste aus.

Die Aa. radicales dorsales (Taf. I, Fig. 12, A. r. d.) sind sehr dünn, aber ziemlich regelmässig und gesellen sich den gleichnamigen Wurzeln zu, wobei sie deren ventraler Fläche anliegen. Nachdem sie an den ventralen Rand des Ligamentum denticulatum gelangt sind, verlassen sie diese Wurzeln, um sich auf die Meninx secundaria zu begeben; in gewundenem Verlauf ziehen sie quer über die lateralen Flächen und die dorsale Fläche der Medulla, wobei sie sich in zahlreiche Äste teilen.

Die Arterien, welche von den Aa. radicales ventrales und von den Aa. rad. dorsales stammen, bilden zwei wohl unterschiedene Gefässsysteme, welche nicht miteinander kommunizieren und von denen das erste sich ausschliesslich im Innern der Medulla verteilt, während das andere sich fast ausschliesslich in der Meninx secundaria verzweigt; sie haben, das eine wie das andere, die Aufgabe, die Nervensubstanz zu ernähren. Ich werde zuerst das System der Gefässe beschreiben, die von den Aa. radicales ventrales stammen, und dann das, welches sich von den Aa. radicales dorsales herleiten lässt.

Gefässe, die von den Aa. radicales ventrales stammen. — Wie ich bereits oben erwähnt habe, münden diese Arterien in eine ansehnliche A. medullaris, die dem ganzen Rücken-

mark entlang verläuft, sich kranialwärts in die A. basilaris fortsetzt und an der Spitze der Cauda, nachdem sie beträchtlich dünner geworden ist, endet. In Querschnitten ist sie dreieckig, mit ventralwärts gerichteter und vom ventralen Ligament der Meninx secundaria verdeckter Basis und mit dorsalwärts gerichteter Spitze, die sich in das Septum medullare fortsetzt (Taf. IV, Fig. 4, A. m.). Aus diesem Grunde bewirkt sie auf der Oberfläche des Marks keinen Vorsprung. Das Kaliber bleibt längs des ganzen Rückenmarks beinahe vollkommen das gleiche und verkleinert sich nach und nach an der Cauda; im Mittel beträgt es 0,0025 mm^2. Ich habe schon erwähnt, dass sie keine Maschen in ihrem Verlaufe aufweist; nur manchmal beobachtet man eine solche dem Foramen occipitale magnum entsprechend an der Einmündungsstelle der beiden ersten Aa. radicales ventrales und dann liegt sie auf der Grenze zwischen der A. basilaris und der A. medullaris.

Von der A. medullaris gehen nur dorsale Äste ab; im Durchschnitt finden sich ihrer 6—8 auf jeden Millimeter; ihr Durchmesser beträgt im Mittel 0,007—0,008 mm. Sie (Taf. IV. Fig. 4, R.) durchziehen in gewundenem Verlauf das Septum medullare und teilen sich, in die Nähe der Fissur gelangt, in zwei Äste, Aa. centrales, einen rechten und einen linken, die in die Nervensubstanz eindringen; in der von ihnen gebildeten Gabel liegt eine ansehnliche Vene eingeschlossen, welche die höhere Partie des Septum medullare durchläuft. Manchmal teilen sich einige Rr. dorsales bevor sie den Grund der Fissura medullaris erreichen, in 2 oder 3 kraniale und kaudale Äste, die sich wie die oben beschriebenen Aa. centrales verhalten. Die Aa. centrales sind meist symmetrisch, d. h. sie liegen rechts und links in demselben Niveau; manchmal liegt die eine etwas mehr kranial und die andere etwas mehr kaudal, und daraus erklärt sich, warum man sie in Querschnitten nicht immer gleichzeitig sieht. Sie treten sehr deutlich hervor, wenn man die Medulla von ihrer Meninx secundaria befreit und den Grund der auseinander gezogenen Fissura medullaris mit einer Lupe betrachtet.

Nach ihrem Eindringen in das Rückenmark wenden sich die Aa. centrales lateral- und dorsalwärts, wobei sie die ventrale Kommissur durchziehen; dann teilen sie sich ihrerseits, nachdem sie die graue Substanz erreicht haben, in zwei Ästchen, einen ventralen und einen dorsalen, die sich in den entsprechenden gleichnamigen grauen Säulen verteilen (Taf. IV, Fig. 4). Sie verzweigen sich dichotomisch und lassen auf diese Weise zahlreiche Kapillaren entstehen, die sehr verschiedene Richtungen einschlagen und sich nach verschiedenem Verlauf unter Bildung einer engen Schleife plötzlich umbiegen, sodass eine Kapillare entsteht, die einen dem der vorigen vollkommen entgegengesetzten Verlauf hat und dieser dicht anliegt. Deshalb kommt man bei Rückenmarkschnitten von Lacerta viridis niemals in die Lage, in Querschnitten eine einzelne Kapillare zu beobachten, man findet deren immer zwei, eine ganz nahe der anderen.

Die Kapillarschleifen liegen bald in derselben Ebene wie die arterielle Kapillaren, aus denen sie hervorgehen, bald in anderen Ebenen. Der grössere Teil derselben liegt in der grauen Substanz, wo sie in verschiedener Weise gelagert sind; einige dringen, indem sie den Fortsätzen der grauen Substanz folgen, in die weisse Substanz, und diese werden meistens nach kurzem Verlauf aus transversalen oder schrägen zu longitudinalen — d. h. sie nehmen einen dem der Nervenfasern parallelen Verlauf an. Einige arterielle Kapillaren teilen sich, nachdem sie in die weisse Substanz gelangt sind, Tförmig und endigen in Schleifen. Die Kapillarschleifen der weissen Substanz liegen meist in der Nachbarschaft der grauen Substanz und fehlen beinahe ganz in der Nähe der Peripherie des Rückenmarks, ausgenommen in der ventralen Partie; das ist bemerkenswert, da lateral und dorsal die Gefässversorgung der peripheren weissen Substanz gerade durch das System der von den Aa. radicales dorsales stammenden Gefässe geschieht.

Die Kapillaren, welche von den Gefässschleifen nach der Fissura medullaris zurückkehren, fliessen, indem sie stets den Verzweigungen der Aa. centrales folgen, zu immer ansehnlicheren Gefässen zusammen, die schliesslich von zwei Reihen

von Venen aufgenommen werden, einer ventralen für die ventralen Säulen und einer dorsalen für die dorsalen Säulen; jede Reihe besteht aus so vielen Gefässen als ventrale und dorsale Zweige der Aa. centrales vorhanden sind — und diesen Zweigen sind die eben beschriebenen Venen angelagert. An der Teilungsstelle der Aa. centrales vereinigen sich diese ventralen und dorsalen Venen in ebenso viele transversale Stämme, Vv. centrales, welche, indem sie den Aa. centrales folgen, in die Fissura medullaris eindringen und zuletzt in jene grosse Vene münden, die, wie ich bei der Beschreibung der Rr. dorsales A. medullaris erwähnt habe, am Ende des Septum medullare gelegen ist.

Diese Vene (Taf. IV, Fig. 4, T. v. f.), welche Tractus venosus fissurae medullaris benannt werden kann, läuft dem ganzen Rückenmark entlang; in der Cauda liegt sie jedoch oberflächlich, da hier die Fissura medullaris fehlt. Der Tractus hat einen elliptischen Querschnitt, dessen grössere Achse sagittal gerichtet ist, und wechselndes Kaliber je nach der Stelle, die man betrachtet; denn er ist dünn an den Stellen, die weit von seinen Rami efferentes entfernt sind und grösser je mehr er sich diesen Ästen nähert. Die Schwankungen des Kalibers werden beinahe ausschliesslich bedingt durch die Veränderungen des sagittalen Durchmessers, man beobachtet sie deshalb an Sagittalschnitten des Rückenmarks. Wie ich erwähnt habe, ist der Tractus eingeschlossen zwischen den beiden Blättern des Septum medullare, die sich im Grunde der gleichnamigen Fissur voneinander entfernen, und er liegt in der Bifurkation der Aa. centrales.

Die abführenden Äste des Tractus venosus fissurae medullaris sind die Vv. radicales ventrales, mächtige Stämme, welche etwa 2 mm voneinander abstehen. An ihrer Ursprungsstelle bildet der Tractus ven. fissurae medullaris meistens einen Winkel, dessen Scheitel sich in den Stamm der V. radic. ventralis fortsetzt. Diese Venen besitzen einen elliptischen Querschnitt, dessen grössere Achse longitudinal gerichtet ist, und zwar deshalb, weil sie sich der engen Fissur, in der sie eingeschlossen sind, anpassen müssen. Im Gegensatz

zu den Venen der Marksubstanz, gesellen sich die Vv. rad. ventr. den Arterien nicht bei, sondern durchziehen für sich das Septum in oft gewundenem Verlauf, und laufen daher mehr oder weniger schräg über die ventrale Oberfläche des Rückenmarks (Taf. I, Fig. 11, V. r. v.). An dem ventralen Rand der Ligamenta denticulata vereinigen sie sich mit den Vv. radicales dorsales, welche im Folgenden beschrieben werden sollen.

Gefässe, die von den Aa. radicales dorsales stammen (Fig. 8 im Text). — Wie ich oben erwähnt habe, ziehen die Aa. radicales dorsales in gewundenem Verlauf über die lateralen Flächen und die dorsale Fläche der Medulla und enden in der Nähe der Linea mediana dorsalis. Während ihres Verlaufs schicken sie etwa 0,1 mm voneinander entfernte Längsästchen aus, die in der Meninx secundaria verlaufen, sich dabei weiter in sekundäre Ästchen teilen und mit den benachbarten Ästchen anastomosieren, sodass sie ein Netz von Maschen bilden, die verhältnismässig weit, von verschiedener Gestalt und in der Richtung der Rückenmarksachse verlängert sind. Das in diesem Netze cirkulierende Blut wird von den Vv. radicales dorsales gesammelt, die in ihrem Verlauf, Kaliber und ihren Beziehungen ähnliche Verhältnisse zeigen wie die gleichnamigen Arterien und mit diesen alternieren; an dem ventralen Rand der Ligamenta denticulata vereinigen sie sich mit den Vv. radicales ventrales und treten, wenn diese fehlen, zugleich mit den Nervenwurzeln aus dem Duralsack aus.

Von den Ästen der Aa. radicales dorsales verdienen diejenigen der Erwähnung, die an dem dorsalen Rand der Ligamenta denticulata von diesen Arterien abgehen; es giebt dann zwei für jede Arterie, einen kranialen und einen kaudalen; sie verlaufen genau geradlinig und gehen in zwei venöse Äste über, Vv. laterales, die in die Vv. radicales dorsales einmünden.

Das oben beschriebene Netz der Meninx secundaria ist in der Nähe der dorsalen Medianlinie von einem dünnen longitudinalen Gefäss begrenzt (l. G.), welches in folgender Weise gebildet wird: Jede A. radicalis dorsalis endet, indem sie sich Tförmig

in einen kranialen und in einen kaudalen Ast teilt, die nach mehr oder weniger geradlinigem Verlauf in dünne Venen übergehen, die je zwei und zwei sich zusammen vereinigend den Ursprung der Vv. radicales dorsales bilden (s auch Taf. I, Fig. 12).

Von dem Netz der Meninx secundaria gehen Kapillarschleifen ab, welche sich in das Innere des Rückenmarks erstrecken; wie Schöbl ganz richtig bemerkt, sind sie zahlreich im Halsteil und werden immer spärlicher, je mehr man sich der Cauda nähert: selten hat man solche in der Lendenanschwellung beobachtet und an der Cauda habe ich niemals eine gesehen.

Lacerta muralis Laur. und Notopholis Fitzingeri Wiegm.

Sie zeigen keine bemerkenswerten Verschiedenheiten gegen Lacerta viridis Gessn.

Varanus arenarius Dum. und Bibr.

Die Anordnungen der Rückenmarkgefässe dieses

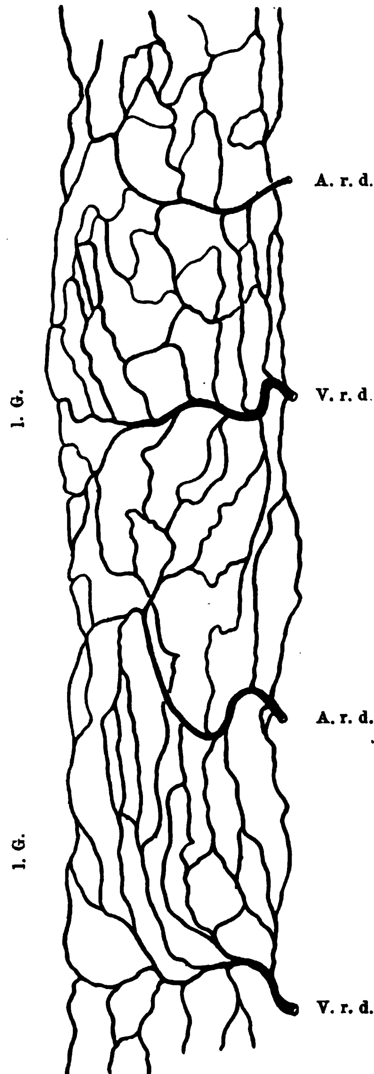


Fig. 8. Blutgefässe einer Strecke der rechten lateralen Fläche und der entsprechenden Hälfte der dorsalen Fläche von Lacerta viridis (Vergr.: 20:1). A. r. d. Arteria radicalis dorsalis, V. r. d. Vena radicalis dorsalis, l. G. longitudinales Gefäss, welches das Kapillarnetz der Oberfläche des Rückenmarks gegen die dorsale Medianlinie abgrenzt. Oberhalb der A. rad. dors. und der V. rad. dors., die in der Figur unten gelegen sind, sieht man einige scharfe Winkel im Verlauf der Maschen des Netzes, welche den in das Rückenmark eindringenden Kapillarschleifen entsprechen.

Sauriers unterscheiden sich beträchtlich von denen der Familie der Lacertidae. Der Kürze wegen beschränke ich mich auf die Erwähnung der Eigentümlichkeiten, in denen sich diese Gefässe von denen der Eidechsen unterscheiden.

Die Aa. radicales dorsales sind sehr dünn und verlieren sich häufig in den dorsalen Wurzeln.

Von der A. medullaris, die einen dreieckigen Querschnitt hat, gehen dicke Rr. dorsales ab, die sich wie bei den Eidechsen verzweigen. Von ihren Aa. centrales entspringen zahlreiche Kapillaren, welche sich ihrerseits dichotomisch teilen und so ein dichtes Netz bilden; sie endigen jedoch nicht, indem sie sich schleifenförmig umbiegen, um die Venen entstehen zu lassen, sondern gehen direkt in diese über, indem sie auf diese Weise ein echtes Kapillarnetz bilden. Wenn man jedoch mit Aufmerksamkeit zuschaut, dann findet man auch bei Varanus Verhältnisse, welche an die für die Lacertidae charakteristische Anordnung erinnern, d. h. das Vorhandensein kleiner Gefässschleifen, die ausschliesslich in der grauen Substanz gelegen und in dem Verlauf der Maschen des oben erwähnten Netzes eingeschaltet sind. Derartige Schleifen sind immer sehr kurz und die Gefässe, die sie bilden, sind niemals aneinander gelagert wie bei den Eidechsen; ihre Lage ist immer an der Stelle des Übergangs von einer Arterie zu einer Vene. Manchmal sind sie um sich selbst gewunden, so dass sie echte Knoten bilden. Die kleinen Venen des eben beschriebenen Netzes sammeln sich zu immer ansehnlicheren Stämmen, von denen einige im Grunde der Fissura medullaris, andere an derPeripherie derMedulla ausmünden.

Die ersteren vereinigen sich um die Vv. centrales zu bilden, welche das Septum medullare transversal durchlaufen und, an die Seiten der A. medullaris gelangt, in zwei dieser Arterie parallele longitudinale Systeme münden, die mit dem Namen Tractus venosi ventrales medullae spinalis bezeichnet werden können.

Die Vv. centrales sind verhältnismässig weniger dick als bei den Eidechsen; es findet sich nicht einmal eine Andeutung des Tractus venosus fissurae medullaris dieser Saurier.

In die eben erwähnten Tractus venosi ergiessen sich auch die Venen der Meninx secundaria. Diese entspringen von den Venen mit radiärem Verlauf, welche an die Oberfläche des Rückenmarks gelangt, sich nach kurzem Verlauf zu grösseren Stämmen vereinigen, indem sie manchmal Maschen von verschiedener Gestalt bilden, die meistens in der Richtung der Achse des Rückenmarks verlängert sind. Diese Stämme überschreiten in transversalem Verlauf die mediale Fläche der Ligamenta denticulata und die Medulla, gelangen auf die ventrale Fläche derselben und münden schliesslich unter verschiedenem Winkel in die Tractus venosi. Das Kaliber der eben beschriebenen transversalen Stämme, welche die Vv. radicales dorsales der Eidechsen repräsentieren, ist fast immer grösser als das der Vv. centrales. Unter ihren zuführenden Ästen zeichnen sich durch Regelmässigkeit diejenigen aus, die dem dorsalen Rand der Ligamenta denticulata parallel laufen; zuführende Äste nehmen sie auch an der ventralen Fläche des Rückenmarks auf.

Einige kleine Vv. radicales dorsales, welche die gleichnamigen Wurzeln begleiten, fand ich nur in dem Halsteil des Rückenmarks: sie sammeln das Blut von dem Netz der lateralen Fläche.

An den Stellen, die den zwei oder drei ersten Wirbeln entsprechen, bemerkt man auch zwei Vv. dorsales, von denen auf jeder Seite der Linea mediana eine liegt, die in den Plexus der Tela choroidea des IV. Ventrikels münden; sie sammeln das Blut von der dorsalen Fläche der entsprechenden Strecke des Marks.

Varanus niloticus Dum. und Bibr.

Von dieser Art habe ich nur ein einziges in Alkohol aufbewahrtes Exemplar untersuchen können. In den Schnitten des Rückenmarks habe ich niemals Kapillarschleifen finden können wie bei den Lacertidae, wohl aber Verhältnisse, die mich annehmen lassen, dass bei Varanus niloticus die Kapillaren netzförmig angeordnet sind wie bei V. arenarius. Auch die

Gefässe der Meninx secundaria verhalten sich wie diejenigen der eben erwähnten Art.

2. Brevilinguia.

Scincus officinalis Laur., Seps chalcides Bonap., Anguis fragilis L.

Schöbl (1878, S. 63) hat in dem Rückenmark von Anguis fragilis und Pseudopus Pallasii Kapillarschleifen beobachtet; bei dem ersteren sind die Kapillaren weniger zahlreich und weniger verzweigt als bei Lacerta, bei dem zweiten sind sie es dagegen mehr.

Das Material, welches zu meinen Untersuchungen gedient hat, gehört ganz in die Familie der Scincoidea, und ich habe dort niemals bemerkenswerte Verschiedenheiten von der bei den Lacertidae gefundenen Anordnung angetroffen.

Die A. medullaris ist immer dick und ohne Maschen, die Kapillarschleifen der Nervensubstanz sind äusserst dünn, zahlreicher als bei Lacerta viridis bei Scincus officinalis und Seps chalcides, weniger indessen bei Anguis fragilis. Bei diesen beiden letzten Arten ist die longitudinale Anordnung der Schleifen der weissen Substanz sehr deutlich. Die Venen sammeln sich, wie bei den Eidechsen, in zwei Systemen; der Tractus venosus fissurae medullaris ist bei Scincus officinalis weniger vollständig.

3. Crassilinguia.

Stellio vulgaris Latr.

Die Gefässe des Rückenmarks dieser Art sind äusserst interessant, sie bilden ein Übergangsstadium zwischen denen der Eidechsen und denen der Landkrokodile.

Die Rr. dorsales, die von einer A. medullaris herstammen, welche derjenigen der anderen Sauria gleicht, und daher auch der Maschen entbehrt, teilen sich am Grunde der Fis-

sura medullaris in zwei Aa. centrales, eine rechte und eine linke, welche in das Rückenmark eindringen; einige von ihnen sind, gerade wie bei den Eidechsen, von einer Vene begleitet, die am Ende der Fissura medullaris in einen ansehnlichen Tractus venosus fissurae medullaris, der demjenigen der Eidechsen gleicht, mündet.

In der Nervensubstanz verzweigen sich die Arterien und lassen Kapillaren entstehen, welche direkt, das heisst ohne Schleifen zu bilden, in Venen übergehen; auf diese Weise bildet sich ein Kapillarnetz, in dem jede Masche zum Teil arteriell und zum Teil venös ist. Hier beobachtet man ab und zu Kapillarschleifen, die bald denen der Eidechsen, bald weniger vollständig denen der Landkrokodile gleichen, die aber auf jeden Fall den Übergang von dem Ende einer Arterie zu dem Anfang einer Vene bezeichnen. Bei Stellio vulgaris sind, gerade wie bei den Landkrokodilen, die Arterien jedoch keine Endarterien im strengen Sinne des Wortes, weil die Kapillaren, die von einem der Äste der Aa. centrales herkommen, sich nicht in einer einzigen Vene sammeln, sondern dazu beitragen, mehrere Venen zu bilden, von denen einige in den Tractus venosus fissurae medullaris münden, während andere sich in das Venennetz der Meninx secundaria ergiessen.

Dieses Netz ist weniger regelmässig als das der Eidechsen, aber mehr als das der Landkrokodile; das Blut wird ihm ausser von den Kapillaren der Nervensubstanz auch von den sehr unregelmässig entwickelten Aa. radicales dorsales zugeführt. Wie bei den Eidechsen wird das Blut dieses Netzes von den Vv. laterales, die längs des dorsalen Randes der Ligamenta denticulata liegen, aufgenommen, von denen sich, ausser den Vv. radicales dorsales, auch bei den Eidechsen fehlende Äste loslösen, die die ventrale Fläche des Rückenmarks durchziehen, in die Fissura medullaris eindringen und schliesslich in den Tractus dieser Fissur münden.

Schöbl hatte zwar bei Stellio cyanogaster nur Kapillarschleifen, die jenen der Eidechsen gleichen, beobachtet; obgleich ich nun kein Exemplar dieser Art zu meiner Verfügung

hatte, so erlaube ich mir doch, den Angaben dieses Autors gegenüber zurückhaltend zu sein, da ich bei den anderen Wirbeltieren niemals gefunden habe, dass Individuen, welche derselben Gattung angehören, wie dies der Fall ist bei Stellio vulgaris und Stellio cyanogaster, so tiefgehende Verschiedenheiten der Anordnung zeigen.

Ascalabotes fascicularis Daud.

Bei Gecko beobachtet man gleiche Verhältnisse wie bei den Eidechsen, auch in Bezug auf das Vorhandensein von Kapillarschleifen im Innern des Rückenmarks, eine Thatsache, die auch von Schöbl (loc. cit.) verzeichnet wird. Von den Gefässen der Eidechsen unterscheiden sich die Aa. centrales und daher die Vv. centrales, welche sie begleiten und in den Tractus venosus fissurae medullaris münden, dadurch, dass sie meistens unsymmetrisch sind: ausserdem ist die Verzweigung der Arterien und der Venen der Nervensubstanz geringer als bei den Eidechsen. Fernerhin teilen sich die Aa. radicales dorsales, sobald sie dorsalwärts von den Ligamenta denticulata die Meninx secundaria erreicht haben, in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die sich an den lateralen Flächen und an der dorsalen verzweigen und dabei ein demjenigen der Eidechsen ähnliches Netz bilden; von diesem gehen Venen aus, welche sich in den Vv. laterales sammeln; diese aber unterscheiden sich nicht von denen der Eidechsen.

4. Vermilinguia.

Chamaeleo vulgaris Daud.

Die Gefässe des Rückenmarks des Chamäleon gleichen in ihrer allgemeinen Anordnung denen der Landkrokodile und unterscheiden sich nur durch einige Besonderheiten von ihnen. Abgesehen davon, dass sie im Rückenmark die Kapillarschleifen der Lacertidae nicht zeigen — eine Thatsche, die auch von Schöbl (1878, S. 63) beobachtet wurde — habe ich dort niemals Formen

von Schleifen, auch nicht in den Maschen des Netzes der grauen Substanz, gefunden, sondern nur kleine Biegungen und auch die recht selten.

Die Venen, die in die Fissura medullaris münden, sammeln sich, statt sich in die Vv. centrales fortzusetzen und sich durch diese in die Tractus venosi medullares ventrales zu ergiessen, in longitudinalen Stämmen, die am Grunde der Fissura medullaris liegen und durch ihre Anordnung an den Tractus venosus fissurae medullaris der grünen Eidechse erinnern; an Stelle eines fortlaufenden Gefässes beobachtet man beim Chamäleon nur kurze longitudinale Venen, die hintereinander liegen, sich zwei und zwei miteinander vereinigen und die Vv. radicales ventrales entstehen lassen. Diese sind ziemlich zahlreich und verschmelzen auf der ventralen Fläche des Rückenmarks mit Venen von transversalem Verlauf, die das Blut der lateralen und der dorsalen Oberfläche des Rückenmarks aufnehmen.

Bei den Sauria bemerkt man also Eigentümlichkeiten, die allen gemein sind, und Besonderheiten, die den einzelnen Gruppen eigen sind.

Unter den ersteren ist vor allem zu erwähnen eine geringere Entwickelung der Aa. radicales dorsales im Vergleich zu den ventralen, und, in Beziehung damit, ein beträchtliches Kaliber der A. medullaris. Diese zeigt niemals weder Circuli noch Unterbrechungen in ihrem Verlauf und sendet keine lateralen, sondern nur dorsale Äste aus, die die wichtigsten zuführenden Gefässe des Rückenmarks sind; sie durchlaufen ein Septum der Meninx secundaria, welches sich in das Rückenmark bis in die Nähe des Centralkanals hineindrängt, und teilen sich dann in die Aa. centrales, welche in die Nervensubstanz ausstrahlen, was eine centrifugale Verteilung zur Folge hat.

Die Venen bilden zwei typische Systeme, eines, das in die Vv. centrales, Begleiter der gleichnamigen Arterien, mündet

und eines, welches sich von der dorsalen und den lateralen Flächen in die Vv. radicales dorsales ergiesst.

Da fernerhin das Rückenmark mit seinen Meningen den Wirbelkanal genau ausfüllt, passen sich die Gefässe der Kleinheit des Raumes an, wodurch die kleinen Venen und Arterien einen elliptischen Querschnitt erhalten, gerade als ob sie auf das Rückenmark aufgedrückt wären; die A. medullaris zeigt dabei einen dreieckigen Querschnitt, indem sie den Eingang der Fissura medullaris genau ausfüllt.

Bei allen Sauriern beobachtet man, dass die Gefässe der Nervensubstanz, während sie in den Teilen, in denen das Rückenmark gut entwickelt ist, bei weitem über die der Meninx secundaria überwiegen, in der Meninx secundaria umso zahlreicher werden, je mehr man sich dem Ende der Cauda nähert, bis sie schliesslich nur noch auf dieser Membran verlaufen.

Endlich beobachtet man noch die Vv. laterales, die längs dem dorsalen Rand der Ligamenta denticulata liegen, und das Blut, das von der Oberfläche des Rückenmarks kommt, sammeln. Ihr Kaliber und ihre Regelmässigkeit wechselt bei den verschiedenen Familien; wenn sie gut entwickelt sind, gehen von ihnen die Vv. radicales dorsales aus; sind sie dagegen dünn und unregelmässig, so entstehen diese Venen auf den lateralen Flächen des Rückenmarks und sie werden zu einem zuführenden Ast derselben.

Wenn man nun aber die Besonderheiten ins Auge fasst, durch die sich die Rückenmarksgefässe bei den verschiedenen von mir untersuchten Gruppen der Sauria unterscheiden, so tritt vor allem der Unterschied des Verteilungsmodus der Arterien und der Entstehungsweise der Venen hervor, durch welchen die Sauria in zwei grössere Kategorien gruppiert werden können.

Bei den Fissilinguia, mit Ausnahme der Varanidae, bei den Brevilinguia und den Crassilinguia, ausgenommen Stellio vulgaris, verzweigen sich die Aa. centrales in Kapillaren, die zahlreicher in der grauen als in der weissen Substanz sind; und diese lassen, sich plötzlich zu Schleifen umbiegend, venöse Kapillaren entstehen, die zusammenfliessen, beständig dem Ver-

lauf der Arterien folgend; dadurch fliesst das ganze, von den Aa. centrales zugeführte Blut, durch die Venae centrales zurück, und jede Arterie oder jede ihrer Verzweigungen bildet mit der entsprechenden Vene ein Endsystem im engsten Sinne des Wortes. Die Aa. centrales sorgen ausserdem für die Ernährung der ganzen Medulla in der kaudalen Hälfte des Rumpfes, und zum grössten Teil auch in der kranialen Hälfte; das von den Aa. radicales ventrales zugeführte Blut ist es daher, das die Nervensubstanz bespült. Dagegen durchfliesst das Blut, welches von den Aa. radicales dorsales zugeführt wird, die Meninx secundaria, und nur im kranialen Teil des Rückenmarks nimmt es direkten Anteil an der Blutversorgung der Nervensubstanz, indem diese Arterien Kapillarschleifen in diese hineinschicken.

Wenn nun auch diese letzteren Arterien nur wenig direkten Anteil an der Ernährung der Nervensubstanz nehmen, so tragen sie nichtsdestoweniger doch in indirekter Weise dazu bei; die Kapillarschleifen, die von den Aa. centrales herkommen, gelangen nämlich nicht bis zur Peripherie der Medulla, die Ernährung der letzteren versieht vielmehr das arterielle Netz der Meninx. Die Aa. radicales ventrales und dorsales lassen zwei deutlich unterschiedene Gefässsysteme entstehen, eins ist der Nervensubstanz und eins der Peripherie eigen; beim ersteren haben die Arterien centrifugale und beim zweiten centripetale Verteilung.

Auf jeden Fall bestehen Endverteilungen im engsten Sinne des Wortes bei den Arterien der Nervensubstanz, dagegen sind häufige Anastomosen zwischen den Arterien der Meninx secundaria vorhanden.

In der Gruppe der Sauria, die von den Landkrokodilen unter den Sauria fissilinguia, dem Stellio vulgaris unter den Crassilinguia und der Unterordnung der Sauria vermilinguia gebildet wird, verteilen sich die Arterien in ganz anderer Weise als der oben beschriebenen. Nämlich die Kapillaren, die von den Aa. centrales herkommen, setzen, statt sich zu Schleifen umzubiegen, um Venen hervorgehen zu lassen, ihren centrifugalen

Weg gegen die Peripherie des Rückenmarks fort, gehen in venöse Kapillaren über, die, nachdem sie in grössere Stämme zusammengeflossen sind, schliesslich an der Oberfläche der Meninx secundaria münden. An Stelle der Schleifen entstehen auf diese Weise Maschen, die in ihrer Gesammtheit ein Netz bilden, das in der grauen Substanz dichter ist als in der weissen. Die Arterien des Rückenmarks dieser zweiten Gruppe der Sauria haben daher keine Endverteilung im engeren Sinne des Wortes, sondern nur im Sinne Conheims, da sie unter sich durch Kapillaren kommunizieren. Zwischen dem Zustand, in dem nur Schleifen vorhanden sind, wie in der ersten Gruppe der Sauria, und demjenigen, in dem nur Netze da sind, wie bei den Sauria vermilinguia, stellen die Anordnungen bei Stellio und den Varanidae eine Zwischenstufe dar; in dem Verlauf der Maschen beobachtet man nämlich Biegungen zu Schleifen, die genau dem Übergang eines arteriellen in ein venöses Kapillar entsprechen.

In enger Verbindung mit der Anordnung der Kapillaren bei den beiden obengenannten Gruppen beobachtet man auch beträchtliche Verschiedenheiten in der Art des Verhaltens der Medullarvenen.

In der ersten Gruppe überwiegen die Vv. centrales, und dadurch die Vv. radicales ventrales, über die Vv. radicales dorsales, während bei der zweiten das Gegenteil der Fall ist; in dieser ist die Meninx secundaria von einem Gefässnetz durchzogen, das fast ausschliesslich von Venen, die vom Rückenmark herkommen, gebildet ist, während man in jener Gruppe nur Venen beobachtet, die von den Verzweigungen der Arterien in der Meninx secundaria entspringen; in der ersten Gruppe endlich sammelt sich das venöse Blut, das vom Rückenmark herstammt, in einem dicken Tractus venosus fissurae medullaris, während dieser bei den Sauria vermilinguia von longitudinalen Stämmen dargestellt wird, und bei den Varanidae vollständig fehlt und durch die Tractus venosi medullares ventrales ersetzt wird, die an der Oberfläche der Medulla parallel der A. medullaris liegen; jedoch findet man in jedem Fall ein ventralwärts gelegenes longitudinales Venensystem, das das Blut auf einer

weiten Strecke der Medulla sammelt. Stellio nimmt auch in dieser Beziehung eine Mittelstellung zwischen der ersten Gruppe der Sauria auf der einen Seite, den Varanidae und den Vermilinguia auf der andern Seite ein; er hat nämlich einen wohlentwickelten Tractus venosus fissurae medullaris, zeigt Vv. radicales dorsales von bemerkenswertem Kaliber, die aber dafür spärlicher sind, und schwach entwickelte Aa. radicales dorsales.

Wenn man als Typus für eine bestimmte Ordnung diejenige Anordnung betrachtet, die am häufigsten bei den Arten, die sie bilden, wiederkehrt, so stimmen meine Untersuchungen mit den öfters erwähnten von Schöbl darin überein, dass für die Sauria die Anordnung der Kapillaren des Rückenmarks in Schleifen als Typus zu betrachten ist.

§ II.

Ophidia.

In Bezug auf diese Wirbeltiere weiss man nur durch die Untersuchungen von Rathke (1856, S. 17) und Hofmann (1900, S. 259—260), dass das Rückenmark in der Linea mediana ventralis von einer A. spinalis inferior (Rathke) [Tractus spinalis ventralis (Hofmann)] durchlaufen wird, die Äste aufnimmt, die dem Lauf der Nerven (Hofmann) folgen und unter denen die beiden Rr. spinales der Aa. carotides internae (Rathke) am stärksten entwickelt sind, und die laterale und dorsale Äste auf das Rückenmark schickt.

Ich habe die Gefässse der Medulla spinalis bei Tropidonotus natrix Boie, bei Tropidonotus tessellatus Wagl., bei Zamenis atrovirens Günth. und bei Python molurus Gray. studiert. In der Beschreibung werde ich mich besonders mit den Besonderheiten beschäftigen, durch die diese sich von den Gefässen der Sauria unterscheiden.

Tropidonotus natrix.

Arterien — Aa. vertebro-medullares (Taf. IV, Fig. 5, A. v. m.). — Nachdem sie an die Endorhachis kleine Aste und an

die dorsalen Wurzeln spärliche Astchen abgegeben haben, welche die Aa. radicales dorsales darstellen, folgen sie den ventralen Wurzeln der Nerven und werden dadurch zu Aa. radicales ventrales (Taf. I, Fig. 13, A. r. v.); diese verhalten sich wie bei den Sauriern. Ihre Einmündung in die A. medullaris vollzieht sich unter einem kaudalwärts offenen Winkel von 75°, manchmal ist dieser Winkel grösser, an den ersten Halswirbeln nicht selten 90°. An der Mündungsstelle bilden sie niemals Maschen. Hofmann (loc. cit.) will deren zwar beobachtet haben; da sich seine Beschreibung aber auf die Untersuchung eines einzigen Exemplars von Tropidonotus natrix stützt, ist es wahrscheinlich, dass die Maschen, wenn sie überhaupt anzutreffen sind, so selten vorkommen, dass sie als Varietäten angesehen werden müssen.

Unter den Aa. radicales ventrales ragen durch ihr Kaliber diejenigen hervor, welche die Fortsetzung des ersten Paares der Aa. vertebro-medullares bilden, zwischen dem Atlas und dem Occipitale in den Wirbelkanal eindringen und, wie Rathke (1856, S. 9) bei zahlreichen Arten von Schlangen gezeigt hat, von den Aa. carotides internae abgehen; bei zwei der vier von mir untersuchten Exemplaren hatten sie gleiches Kaliber wie die A. medullaris, was beweist, dass das von ihnen zugeführte Blut nur zum Teil für die Ernährung des Rückenmarks dient, zum andern Teil aber das Gehirn versorgt. Bei einem Exemplar konnte man an der Stelle der Einmündung dieses ersten Paares der Aa. radicales ventrales eine rhombische Masche beobachten, welche sich kranialwärts in die A. basilaris und kaudalwärts in die A. medullaris fortsetzte; ein ähnlicher Fall ist wahrscheinlich der von Rathke (loc. cit. S. 17) bei einem Tropidonotus natrix beobachtete, wenn auch dieser Autor nicht bestimmt angiebt, ob der Circulus arteriosus sich genau an der Einmündungsstelle der beiden ersten Aa. radicales ventrales befindet.

A. medullaris (Taf. I, Fig. 13, A. m.). — Gerade wie bei den Eidechsen setzt sich, wie Rathke (loc. cit.) richtig fand, diese Arterie im Schädel in die A. basilaris fort und zieht sich

längs des ganzen Rückenmarks hin; ihre kraniale Grenze wird durch die Mündungsstelle des ersten Paares der Aa. radicales ventrales (Rr. spinales Aa. carotidum internarum von Rathke) bezeichnet.

Die A. medullaris hat geradlinigen Verlauf, und ist zwischen dem Ligamentum ventrale der Meninx secundaria und den beiden Blättern des Septum medullare eingeschlossen; im Querschnitt ist sie von dreieckiger Gestalt mit ventralwärts gerichteter Basis. Das Kaliber (bei zwei Exemplaren von 95 cm Länge haben ihre Seiten mm 0,10 und die Basis mm 0,13 gemessen) ist gleichmässig längs der ganzen Medulla; nur in der Cauda vermindert es sich allmählich, und verhält sich darin wie das der Medulla.

Entgegen dem was Hofmann angiebt, habe ich niemals von dieser Arterie laterale Äste, sondern nur Rr. dorsales ausgehen sehen; diese sind ansehnlich, im Mittel 0,1 mm von einander entfernt und dringen in die Tiefe der Fissura medullaris, indem sie sich wie bei den Lacertidae verhalten (Taf. IV, Fig. 5).

Die Kapillaren, die von ihnen ausgehen, bilden niemals Schleifen, sondern zeigen ähnliches Verhalten wie die von Chameleo vulgaris; sie anastomosieren untereinander und bilden so ein Netz, das in der ganzen grauen Substanz vorhanden ist, mit Maschen von rechteckiger Gestalt (sie messen im Mittel mm 0,45 × mm 0,065) und mit abgerundeten Ecken. Von diesem gehen Äste aus, welche die weisse Substanz durchziehen und dabei ein Netz von wesentlich gleicher Gestalt wie in der grauen Substanz — nur mit viel weiteren Maschen — bilden.

Venen. — Aus den Kapillarnetzen der medialen Hälfte der ventralen Säulen und der grauen Substanz, die den Centralkanal umgiebt, und aus den Netzen der ventralen Stränge entstehen Venen, die sich in einem Tractus venosus fissurae medullaris sammeln (Taf. IV, Fig. 5), welcher demjenigen der Lacerta viridis gleicht; von ihm gehen die Vv. radicales ventrales aus, die relativ kleiner sind als bei Lacerta, und von der Fis-

sura medullaris an die ventrale Fläche der Medulla übergehen (Taf. I, Fig. 13, und Taf. IV, Fig. 5, V. r. v.)

Die Venen, welche von den Kapillaren der lateralen Hälfte der ventralen Säulen und denjenigen der dorsalen Säulen stammen, durchziehen in radiärem Verlauf die lateralen und dorsalen Stränge des Rückenmarks und konvergieren, nachdem sie die Meninx secundaria erreicht haben, in longitudinalem Verlauf zu transversalen Stämmen, die an der Ursprungsstelle einer jeden dorsalen Wurzel liegend, die Vv. radicales dorsales sind (Taf. I, Fig. 14 und Taf. IV, Fig. 5, V. r. d.); diese durchziehen die lateralen Flächen der Medulla und die Ligamenta denticulata, und nehmen in der Nähe des ventralen Randes dieser Ligamenta die Vv. radicales ventrales auf, durchziehen danach die Dura mater und treten zusammen mit den lateralen Ausläufern der Sinus ventrales der Endorhachis durch die Intervertebrallöcher aus.

An der Stelle des dorsalen Randes der Ligamenta denticulata münden in die Vv. radicales dorsales die Venen der lateralen Flächen der Medulla (Taf. I, Fig. 14); es giebt deren zwei, eine kraniale und eine kaudale für jede V. radicalis, sie entstehen ungefähr in der Mitte eines jeden Zwischenraums zwischen den Wurzeln, werden immer grösser durch die zahlreichen von der Medulla herkommenden Äste, die sie aufnehmen, und verlaufen parallel und benachbart dem dorsalen Rande der Ligamenta denticulata; in sie ergiessen sich auch Venen, die vom Kapillarnetz der lateralen Stränge herstammen und zwischen der Medulla und den Ligamenta denticulata verlaufen.

Tropidonotus tessellatus und Zamenis atrovirens.

Sie zeigen keine bemerkenswerten Unterschiede von den bei Tropidonotus natrix beschriebenen Verhältnissen.

Python molurus.

Von dieser Art habe ich ein Exemplar von 1,80 m Länge untersuchen können.

Im wesentlichen zeigt sie die gleichen Verhältnisse wie die anderen untersuchten Schlangen.

Die Aa. radicales ventrales, die zwischen der Meninx secundaria und der Dura mater (die letztere haftet ventral der Endorhachis an) verlaufen, münden in eine dicke A. medullaris, die niemals Maschen an ihrer Mündungsstelle zeigt. In den Transversalschnitten zeigt sie keine so genau dreieckige Gestalt, wie bei Tropidonotus und bei Zamenis. Von ihr gehen nur Rr. dorsales aus, die 2—3 mm voneinander entfernt sind; sie sind sehr kurz und teilen sich ihrerseits in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die ungeteilt mit ähnlichen benachbarten Ästen anastomosieren. Auf diese Weise bildet sich unmittelbar dorsal von der A. medullaris ein kleiner Tractus arteriosus, den ich konstant im ganzen Rückenmark gefunden habe. Während die A. medullaris einen Querdurchmesser von 0,75 mm und einen ventro-dorsalen Durchmesser von 0,30 mm hat, beträgt der Durchmesser des obenerwähnten Tractus arteriosus, der vollständig cylindrisch ist, im Mittel 0,05 mm. Das Kaliber dieses letzteren ist jedoch nicht vollkommen gleichförmig in seinem Verlauf, sondern im allgemeinen etwas dicker in der Nähe der Rr. dorsales A. medullaris, die ihn bilden; weiter entfernt von ihnen ist er dünner.

Vom Tractus arteriosus gehen die Aa. centrales aus.

Die Aa. radicales dorsales fehlen wie bei den anderen Schlangen vollständig oder sind sehr dünn. Sobald sie die Meninx secundaria erreicht haben und oberhalb des oberen Randes der Ligamenta denticulata gelangt wird, teilen sie sich in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die in schräger Richtung die Meninx durchlaufen, indem sie sich in kleinere längs angeordnete Äste weiter teilen.

Die Aa. centrales durchziehen das Septum medullare in mehr oder weniger schrägem und gewundenem Verlauf und enden am Grunde der Fissura medullaris, indem sie entweder in die Nervensubstanz eindringen ohne sich zu teilen, oder indem sie sich in zwei oder drei Äste teilen. Sowohl jene wie

diese erreichen die Basis der äusseren grauen Hörner, wobei sie unterhalb der Commissura inferior verlaufen, und teilen sich alsdann in der Achse der Medulla parallel angeordnete Äste. Von diesen letzteren, die lateral und dorsal vom Centralkanal liegen, lösen sich in der Nähe desselben sekundäre querverlaufende Äste los, die sich in Kapillaren weiterteilen, welche im Innern der grauen Substanz ein sehr dichtes Netz mit Maschen von unregelmässiger Gestalt und Lage bilden. Aus diesen Maschen gehen die Venen hervor, die aus der grauen Substanz in die weisse gelangen, wo sie durch longitudinale Äste untereinander verbunden sind; von diesen letzteren lösen sich ab und zu grössere Äste von radiärem Verlauf los, die die weisse Substanz durchziehen und die Meninx secundaria an den lateralen Flächen und an der dorsalen erreichen. So kommt es auch zur Bildung eines Netzes in der weissen Substanz, das sich von dem der grauen Substanz durch seine in der Richtung der Rückenmarksachse sehr verlängerte Maschen unterscheidet. Wie bei den anderen Schlangen stammt das Blut dieses zweiten Netzes zum grössten Teil von Kapillaren der grauen Substanz, und nur zum sehr kleinen Teil, den man beinahe ausser Betracht lassen kann, wird es von radiär verlaufenden Ästen, die von den Aa. radicales dorsales herkommen, zugeführt.

Ein kleiner, aus der Nervensubstanz kommender Teil der Venen, bildet die Vv. centrales, die in die Fissura medullaris münden und von Längsstämmen gesammelt werden, die den Tractus venosus fissurae medullaris der anderen Schlangen repräsentieren.

Der grösste Teil begibt sich in die lateralen und die dorsalen Flächen, wo er von längsangeordneten Venen, die untereinander anastomosieren, aufgenommen wird; diese Venen führen auch den grössten Teil des Blutes der Aa. radicales dorsales ab, da die von diesen letzteren kommenden Äste meistens nicht in das Rückenmark eindringen, sondern nur auf seiner Oberfläche verlaufen. In der Strecke der Wirbelsäule, die zwischen Kopf und einer 25 cm kaudalwärts vom Herzen befindlichen Stelle liegt, münden die Venen der Meninx

in einen breiten Stamm, der längs der dorsalen Medianlinie liegt, und dem man den Namen V. mediana dorsalis geben kann; er ist sehr zusammengedrückt und ungefähr 1 mm breit. An seinem kaudalen Ende wird er von zwei benachbarten Stämmen, die oft miteinander kommunizieren und die immer kleiner werden, gebildet. An der Stelle der Intervertebrallöcher gehen von der V. mediana dorsalis zwei Äste, einer auf jeder Seite (selten nur ein einziger) aus, die, nach aussen von dorsalen Nervenwurzeln verlaufend, aus der Dura mater austreten und schliesslich in die Sinus endorhachidis münden, die auf dem Boden des Wirbelkanales verlaufen.

In dem Teil des Wirbelkanales, der auf die obenerwähnte Strecke folgt, fehlt die V. mediana dorsalis, und die Venen der Meninx verhalten sich wie bei den anderen Schlangen.

Die Gefässe des Rückenmarks der Ophidia haben in ihrem Grundplan eine grosse Ähnlichkeit mit denen der Sauria vermilinguia und zeigen von Art zu Art so kleine Unterschiede, dass die für eine derselben gegebene Beschreibung als typisch für die Ordnung der Ophidia angesehen werden kann. Die Aa. centrales sind fast die einzigen Arterien, die in das Mark eindringen und deshalb ist ihre Verteilung eine centrifugale; aus dem von ihnen gebildeten Kapillarnetz entspringen Venen, die sich zu zwei Systemen vereinigen, einem weniger entwickelten, das in centripetaler Richtung den Anfang des Tractus venosus fissurae medullaris bildet, und einem ansehnlicheren, das sich in centrifugaler Richtung an der Oberfläche der Meninx secundaria in die Vv. radicales dorsales ergiesst. Die Arterien der Nervensubstanz sind Endarterien im Conheimschen Sinne

§ III.

Chelonia.

Die Kenntnisse, welche wir über die Gefässe des Rückenmarks dieser Wirbeltiere haben, beschränken sich auf die Angaben von Bojanus (Taf. XXI, Fig. 91 und Taf. XXIV, Fig. 119),

welcher bei Cistudo europaea eine A. spinalis inferior längs der ventralen Medianlinie und zwei Aa. spinales superiores, welche, wie die vorhergehende, aus der A. basilaris hervorgehen, in der dorsalen Fläche des Marks an den Ursprungsstellen der dorsalen Nervenwurzeln verlaufen und durch transversale Äste untereinander und mit der A. spinalis inferior verbunden sind. — Hofmann (1900, S. 360) hat bei Testudo graeca analoge Verhältnisse gefunden, nur dass bei zwei von den vier von ihm untersuchten Exemplaren der Tractus spinalis ventralis (A. spinalis inferior von Bojanus) im Halsteil und im Anfang des Rückenteils doppelt war, und dass die Tractus spinales dorsales (Aa. spinales superiores von Bojanus) statt aus der A. basilaris aus dem dorsalen Ast der Arterie des I. Spinalnerven ihren Ursprung nehmen und wenige, feine dorsale Äste der Arterien der andern Nerven aufnehmen. Hofmann (1901, S. 255) hat bei dieser Art auch kleine ventrale Venen beobachtet, welche das Blut der ventralen Fläche sammeln und die Dura mater zusammen mit einem Nerven durchziehen. In der dorsalen Oberfläche des Halsteils hat er eine kurze mediane Vene beobachtet.

Ich habe die Gefässe des Rückenmarks bei Emys lutaria Marsili und bei Testudo graeca L. untersucht.

Emys lutaria

Arterien. — Aa. vertebro-medullares. — Nachdem sie kaum in den Wirbelkanal eingedrungen sind, und nachdem sie Aste an die Endorhachis abgegeben haben, teilen sie sich in Aa. radicales ventrales und Aa. radicales dorsales, welche die Dura mater zusammen mit den entsprechenden Wurzeln durchbohren und das Mark erreichen.

Die ersteren sind nicht immer gleichmässig entwickelt, meistens sind sie dünn und verlieren sich in der Wurzel, die sie begleiten, indem sie ein Netz mit Maschen, die in der Richtung der Nervenachse in die Länge gezogen sind, bilden; nur wenige unter ihnen haben ein ansehnliches Kaliber, durchlaufen,

nachdem sie die Medulla erreicht haben, deren ventrale Fläche in schrägem Verlauf kranialwärts, und münden in einer ansehnlichen A. s. Tractus medullaris ventralis, welche die ventrale Medianlinie durchzieht. Manchmal teilt sich irgend eine dieser Aa. radicales, bevor sie die A. medullaris erreicht, in einen kranialen und einen kaudalen Ast, die sich getrennt in diese Letztere ergiesssen; so bilden sich Maschen im Verlauf der A. medullaris.

Die Aa. radicales dorsales sind sehr regelmässig, sodass jede dorsale Wurzel von einer entsprechenden Arterie begleitet ist; sie haben ein kleineres Kaliber als diejenigen unter den ventralen, welche in die A. medullaris münden, und sind der ventralen Fläche der dorsalen Wurzeln aufgelagert. Ungefähr 0,5 mm ventralwärts von der Ursprungsstelle dieser Wurzeln verlassen sie dieselben, und wenden sich der lateralen Fläche des Rückenmarks zu, wo sie sich unter sehr stumpfem, dorsalwärts offenem Winkel in zwei Äste, einem kranialen und einem kaudalen, teilen, die — mit entsprechenden kaudalen und kranialen Ästen der benachbarten Arterien anastomosierend — zwei lange Anastomosen, einen auf jeder Seite, bilden, die ich mit dem Namen Tractus arteriosi laterales bezeichne.

A. s. Tractus arteriosus medullaris ventralis (Taf. I, Fig. 15, A. m.). — Sie ist die direkte Fortsetzung der A. basilaris, die in der ventralen Medianlinie der Medulla oblongata liegt; in ihrem Anfang ist sie gewunden, wird an der Stelle des II.—III. Wirbels geradlinig und erhält sich so bis in die Nähe des Endes der Cauda, wo sie endet. Sie ist von dem Ligamentum medullare ventrale bedeckt, welches, wie ich bei der Beschreibung der Meninx secundaria angegeben habe, bei Chelonia sehr entwickelt ist; ferner ragt sie nicht über die Meninx hervor, da sie sich an der Basis der Fissura medullaris befindet; sie hat runden in ventraler Richtung leicht abgeplatteten Querschnitt. Wenn sie Maschen in ihrem Verlauf zeigt, sind dieselben eng und sehr in die Länge gezogen; manchmal beobachtet man deren auch entfernt von den Aa. radicales ventrales (Fig. 9 im Text).

Von der A. medullaris gehen keine lateralen Äste aus, sondern nur Rr. dorsales; sie entstehen in verschiedener Entfernung von einander, und teilen sich meistens nach kurzem Verlauf unter mehr oder weniger spitzem Winkel in zwei Verästelungen, Aa. centrales, die sich dorsalwärts wenden und von dem Septum medullare umschlossen werden (Taf. IV, Fig. 6, A. c.); einige, dem Grunde der Fissura medullaris benachbarte, biegen sich plötzlich bald nach rechts bald nach links um und dringen in die Medulla ein, während sich andere, bevor sie sich in der gleichen Weise verhalten, dichotomisch unter spitzem Winkel weiter teilen. Einige longitudinale Anastomosen stellen bisweilen die Verbindung zwischen ihnen und zwei benachbarten Aa. centrales her.

Tractus arteriosi laterales (Taf. I, Fig. 15, T. a. l.). Sie werden, wie ich oben angedeutet habe, von Anastomosen der kranialen und kaudalen Äste der Aa. radicales dorsales gebildet, und dehnen sich längs des ganzen Rückenmarks aus; sie haben das Aussehen von ebenso vielen arteriellen Arkaden mit dorsalwärts gerichteter Konvexität, als Segmente zwischen den dorsalen Nervenwurzeln vorhanden sind. Diese Arkaden sind in den lateralen Flächen des Rückenmarks gelegen; ihre Konvexität erreicht die Ebene der Linie, welche die Ursprungsstellen der dorsalen Wurzeln vereinigt, und überschreitet dieselbe manchmal.

Die Tractus laterales entspringen kranial in der Mitte der Medulla oblongata aus der A. basilaris vermittelst zweier dicker Äste, welche mit ihr spitze, kaudalwärts offene Winkel bilden, dann lateral- und kaudalwärts in gewundenem Verlauf ziehen, und sobald sie an der Stelle der ventralen Wurzeln des I. Nervenpaares angelangt sind, sich auf die lateralen Flächen des Rückenmarks wenden, die medullare Wurzel des Nervus accessorius Willisii kreuzen und zwischen dieser und den dorsalen Wurzeln des I. Nervenpaares verlaufen.

Von diesen Anastomosen lösen sich mediale, ventrale und dorsale Äste ab. Die ersteren sind sehr dünn, dringen in das Rückenmark ein und verteilen sich hauptsächlich in den dor-

salen Säulen; die ventralen sind kurz, weniger zahlreich als die dorsalen, verteilen sich an den lateralen Flächen und dringen schliesslich in das Rückenmark ein; die dorsalen Äste endlich verteilen sich an den dorsalen Flächen und anastomosieren längs der Medianlinie mit denen der andern Seite.

Gefässe der Nervensubstanz. — Das arterielle Blut erreicht die Nervensubstanz auf drei Hauptwegen, das sind die Aa. centrales, die medialen Äste der Tractus laterales und die radiären Äste, welche von den lateralen und dorsalen Flächen eindringen und von den vorgenannten Anastomosenketten herstammen.

Die Aa. centrales (Taf. IV, Fig. 6, A. c.) führen die grösste Menge des Blutes zu, was ihre Zahl und ihr Kaliber beweist. In die Nähe des Grundes der Fissura medullaris gelangt, biegen sie im Winkel um und dringen in die ventralen Stränge ein; in der Regel wechseln sie rechts und links ab, aber manchmal teilt sich eine einzelne A. centralis in zwei Äste, einen rechten und einen linken. Nachdem sie die ventralen Stränge durchkreuzt haben, dringen sie von den medialen Flächen in die ventralen Säulen ein, und teilen sich alsbald in ventrale, dorsale, kraniale und kaudale Äste, welche sich ihrerseits in ein reiches Kapillarnetz verteilen, das in den ventralen Säulen und um den Centralkanal liegt.

Die medialen Äste der Tractus laterales dringen dagegen in die dorsalen Säulen ein und lösen sich in ein Kapillarnetz auf; die radiären Äste endlich, welche in die Tiefe der lateralen und der dorsalen Flächen gehen, verteilen sich auch in der grauen Substanz, besonders an der Basis der grauen Säulen (Taf. IV, Fig. 6).

Das Kapillarnetz dieser Substanz ist ziemlich dicht, und seine Maschen sind meistens in einer gekrümmter Fläche gelegen oder in verschiedenen Ebenen, die sich unter verschiedenem Winkel treffen; ihre Längsachse ist im Mittel 0,30 mm, die Querachse schwankt zwischen 0,08 und 0,12 mm; die Form der Maschen ist verschieden, aber im allgemeinen sind sie in der Richtung der Spinalachse in die Länge gezogen, und deshalb

lassen sie sich am besten in Längsschnitten beobachten. Von dem Netz der grauen Substanz drängen sich Äste zwischen die Fasern der Nervenstränge, die ein Netz bilden mit Maschen, die viel weiter als die der grauen Substanz und transversal in die Länge gezogen sind; diesem Netz fliesst auch arterielles Blut von den Ästen der Tractus laterales während ihres Durchganges durch die Stränge zu.

Venen. — Die Kapillaren der ventralen Säulen und der Basis der dorsalen Säulen sammeln sich in Venen, die einen dem der Aa. centrales entgegengesetzten Weg verfolgen, und sich in der Fissura medullaris in das Innere des Septum medullare begeben; andere Venen mit radiärem Verlauf entstehen aus den Kapillaren des peripheren Teiles der grauen Substanz, durchziehen die Nervenstränge, nehmen dort das venöse Blut auf, und münden an der Oberfläche der ganzen Meninx secundaria. Wie bei den andern Reptilien giebt es daher bei Emys lutaria zwei Venensysteme, nämlich die Venae centrales, die von der Fissura medullaris ausgehen, und die Vv. periphericae, welche auf der Oberfläche des ganzen Rückenmarks auftreten.

Die ersteren sind im Inneren des Septum medullare durch zahlreiche Äste vereinigt, die so ein grobes Netz mit unregelmässigen Maschen bilden; am Grunde der Fissura medullaris, deshalb oben anstossend an die ventrale Kommissur, liegt eine longitudinale Anastomose, die manchmal von zwei oder drei gewundenen Stämmen, das andere Mal von einem einzigen Stamm gebildet wird (Taf. IV, Fig. 6).

Gegen die Basis der Fissura medullaris vereinigen sich die Vv. centrales zu grösseren Venen, welche, wie bei den anderen Reptilien, seitlich von der A. medullaris hinziehen und durch longitudinale Stämme, Vv. medianae ventrales, die an den Seiten der Arterie liegen, miteinander verbunden sind; doch bilden diese Stämme nicht zwei fortlaufende Systeme und sehr häufig fehlen sie; in sie ergiesst sich auch ein Teil der Venen der ventralen Fläche des Rückenmarks (Taf. IV, Fig. 6 und Fig. 9 im Text).

Diese letzteren nehmen ihren Ursprung aus den Vv. periphericae, welche aus dem Kapillarnetz der Säulen und der ventralen Stränge hervorgehen und bilden ein Netz (Fig. 9 im Text) mit Maschen von verschiedenem Aussehen und verschiedener Weite, meistens mit abgerundeten Ecken und im allgemeinen am kleinsten an den Ursprungsstellen der ventralen Wurzeln; die Einmündung der radiären Venen in das eben beschriebene Venennetz geschieht meistens an den Knotenpunkten, und nur in einigen Fällen in der Mitte einer Masche. Die Aa. und die Vv. radicales ventrales und die grösseren Venenstämme sind oberflächlicher als das übrige Venennetz gelegen.

Von den Venenstämmen, die lateral von der A. medullaris liegen, entspringen die Vv. radicales ventrales, die bei ihrem Übergang über die Meninx secundaria auch Venen des eben beschriebenen oberflächlichen Netzes aufnehmen; sie gesellen sich den ventralen Wurzeln zu und zeigen eine grosse Regelmässigkeit (Taf. I, Fig. 15 und Fig. 9 im Text, V. r. v.). In der Nähe des Punktes, an welchem sie die Meninx secundaria verlassen, um sich an das Nervenbündel anzulehnen, ergiessen sich manchmal Venen in sie, die von den lateralen Flächen herkommen (Fig. 9 im Text).

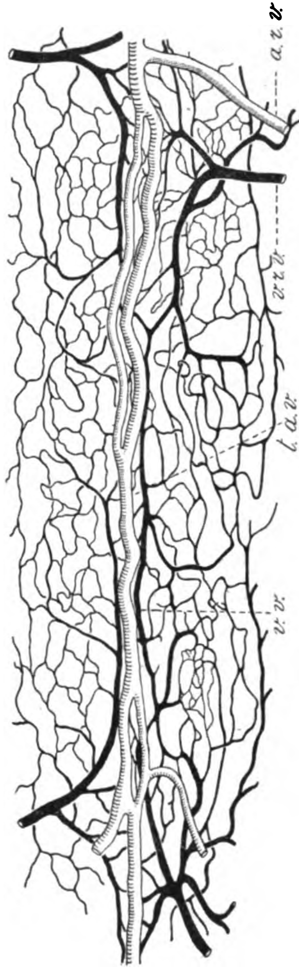


Fig. 9.

Blutgefässe der ventralen Oberfläche des Halsmarks von Emys lutaria (Vergrösserung 12 : 1). — *a. r. v.* Arteria radicalis ventralis, *t. a. v.* Arteria medullaris mit zwei Maschen, *v. v.* Vena ventralis, *v. r. v.* Vena radicalis ventralis.

Doch werden in der Regel die Vv. periphericae, welche an den lateralen Flächen ausmünden, zusammen mit denen der dorsalen Oberfläche von longitudinalen Stämmen, die in der Nähe der Tractus arteriosi laterales liegen, aufgenommen; sie beginnen in der Mitte der zwischen den Wurzeln liegenden Räume und vereinigen sich miteinander an der Ursprungsstelle der dorsalen Wurzeln, wobei sie die Vv. radicales dorsales bilden (Taf. I, Fig. 16, V. r. d.). Manchmal anastomosieren zwei oder mehrere dieser longitudinalen Venenstämme mit ihrem ganzen Kanal in der Mitte der zwischen den Wurzeln liegenden Räume.

Die Venen der dorsalen Fläche längs der Medianlinie sind durch eine Serie von 2—3 feinen longitudinalen Anastomosen mit leicht aber konstant gewundenem Verlauf verbunden.

Die Vv. radicales dorsales gesellen sich den gleichnamigen Wurzeln zu, und sind ziemlich regelmässig entwickelt; ihr Kaliber ist jedoch verschieden, da neben ansehnlichen Venen sich äusserst feine finden. Zugleich mit den Vv. radicales ventrales treten sie durch die entsprechenden Intervertebrallöcher aus dem Wirbelkanal aus.

Testudo graeca.

Wie ich bei der Litteraturangabe angedeutet habe, sollen nach den Untersuchungen von Hofmann die Arterien und Venen der Meninx secundaria dieser Schildkröte wesentlich andere Anordnungen zeigen als die, welche ich bei Emys lutaria beschrieben habe.

Ich habe eine grosse Übereinstimmung bei den Markgefässen dieser beiden Arten angetroffen. Das Vorhandensein einer doppelten A. medullaris, das Hofmann bei zwei der vier von ihm untersuchten Exemplare gefunden hat, und dem dieser Autor so grosse Wichtigkeit für die Bedeutung dieser Arterie beilegt, wurde von mir niemals angetroffen, so dass ich daran festhalte, dass es sich, wenn sie sich wirklich findet, nur um eine sehr seltene Varietät handelt.

Die Tractus laterales entstehen ferner nicht aus der A. radicalis I, wie dieser Autor behauptet, sondern direkt aus der A. medullaris in der Mitte des Os basi-occipitale, wie dies bei Emys vorkommt.

Dann entstehen aus der A. medullaris keine lateralen Äste, sondern nur dorsale Äste, welches die Aa. centrales sind.

Die Verteilung der Gefässe im Innern des Rückenmarks zeigt keine bemerkenswerten Unterschiede gegen diejenigen bei Emys ebenso wenig wie die der Venen.

Thalassochelys corticata.

Von dieser Art habe ich das Rückenmark eines grossen in Alkohol konservierten Exemplars untersuchen können, daher beschränken sich meine Beobachtungen auf die Gefässe der Meninx secundaria, und auf einige Eigentümlichkeiten derjenigen der Nervensubstanz.

Was die ersteren angeht, so habe ich bemerkt, dass die A. medullaris ein verhältnismässig kleines Kaliber hatte, während die Tractus arteriosi laterales ansehnlich entwickelt waren; bei der ersteren fanden sich häufig in der Richtung der Achse des Marks verlängerte Maschen. Im übrigen habe ich keine wesentlichen Verschiedenheiten von den Gefässen der anderen untersuchten Schildkröten beobachtet. Die Kapillaren des Rückenmarks bilden dichtere Netze in der grauen Substanz als in der weissen.

Die Verteilung der Markgefässe bei den Schildkröten ist durch Regelmässigkeit und bedeutende Entwickelung der Aa. radicales dorsales charakterisiert, ihre Äste bilden zwei Serien von lateralen Anastomosen, die über das ganze Rückenmark fortlaufen und untereinander durch transversale Äste verbunden sind.

Im Unterschied von dem, was man bei den anderen bis jetzt untersuchten Reptilien beobachtet hat, haben die Arterien der

Nervensubstanz zweierlei Ursprung; einige stammen von der A. medullaris, und sind die Aa. centrales; andere kommen dagegen von den Tractus arteriosi laterales her; die ersteren haben centrifugale, und die letzteren centripetale Richtung. Die einen wie die anderen lösen sich in ein Kapillarnetz auf, von dem Venen ausgehen, die sich in zwei Systemen sammeln; ein weniger entwickeltes liegt im Eingang der Fissura medullaris, und ein ansehnlicheres wird von den Venen der dorsalen und der lateralen Fläche gebildet.

Die A. medullaris verliert daher bei den Chelonia viel von der Bedeutung, welche sie für die Ernährung des Rückenmarks bei den bis jetzt untersuchten Reptilien hatte; ihr Kaliber ist verhältnismässig kleiner, und zeigt in ihrem Verlauf häufig Maschen, die ihresgleichen nur in der Klasse der Fische haben, wo diese Arterie nur wenig Wichtigkeit für die Ernährung der Nervensubstanz hat. Auch sie schickt nur dorsale Äste aus, die Aa. centrales; dann ist ihr Querschnitt nicht mehr dreieckig, wie bei den Sauriern und den Ophidiern, sondern elliptisch, indem die transversale Achse ein wenig grösser ist als die sagittale, was man in Beziehung bringen kann mit der grösseren Entwickelung der meningealen Räume der Schildkröten.

Die A. medullaris versorgt mittelst der Aa. centrales die graue Substanz mit Blut, und zum kleinen Teil auch die weisse. Die Aa. periphericae, die von den Tractus laterales geliefert werden, versehen dagegen die weisse Substanz mit Blut, und einige der grössten reichen bis an die graue Substanz. Während deshalb bei dem grössten Teil des Rückenmarkes der Saurier und bei den Ophidiern die Ernährung der weissen Substanz durch Blut geschieht, das schon die graue Substanz durchflossen hat, geschieht sie bei den Chelonia — wenigstens für eine gewisse Anzahl — durch rein arterielles Blut, das von den Tractus arteriosi laterales geliefert wird. Eine Ausnahme von der Regel machen nur die ventralen Stränge des Rückenmarks, welche mit Blut versorgt werden, das in den ventralen Säulen cirkuliert hat. Vielleicht kann man dies in Beziehung bringen mit der Thatsache, dass die A. medullaris

keine lateralen Äste abgiebt, und dass die ventralen Säulen den Teil der grauen Substanz darstellen, welcher der Peripherie des Rückenmarkes am nächsten liegt und am reichlichsten mit arteriellem Blut versorgt wird.

Die Kapillaren, in denen die Arterien des Rückenmarkes endigen, verteilen sich in ein Netz mit Maschen, die in der grauen Substanz zahlreicher und kleiner sind als in der weissen; sie sind verhältnismässig weniger weit als bei den Sauriern, die solche Netze besitzen, und bei den Ophidiern; im Vergleich zu diesen letzteren ist der Stoffaustausch zwischen dem cirkulierenden Blut und der Nervensubstanz daher bei den Chelonia viel lebhafter.

Die Arterien des Rückenmarkes der Chelonia sind folglich alle Endarterien im Sinne von Conheim, und das ist in der grauen Substanz in uneingeschränkterer Weise als in der weissen der Fall; in der That ist das zwischen zwei Arterien gelegene Kapillarnetz in der ersteren immer sehr reichlich, während es in der letzteren oft von wenigen Maschen, und manchmal von kaum einer oder zwei gebildet wird.

In der Meninx secundaria bemerkt man im übrigen wenige Arterien, die zuletzt in das Mark eindringen, und viele Venen, die in immer grössere Stämme zusammenfliessen und aus Venen, die von der Peripherie des Rückenmarks ausgehen, entstehen. Obwohl diese Venen zwei Systeme wie bei den anderen Reptilien bilden, unterscheiden sie sich von diesen doch durch einige Eigenarten; so bemerkt man an Stelle des Tractus venosus fissurae medullaris der Sauria und der Ophidia nur kleine Anastomosen zwischen den Vv. centrales, die sich über das ganze Septum medullare ausbreiten, aber an seinem Rande dichter sind. Parallel den Tractus arteriosi laterales bemerkt man dann zwei Reihen von Venen, eine auf jeder Seite, die auch bei den Sauria und den Ophidia angedeutet sind durch jene kleinen Venen, die ich stets längs des dorsalen Randes der Ligamenta denticulata gefunden habe.

§ IV.

Crocodilia.

Alligator mississippiensis.

Ich habe die Gefässe des Rückenmarks bei einem Alligator mississippiensis Daudin von 40 cm Länge untersuchen können; diese Gefässe sind im wesentlichen denen der Chelonia gleich, und deshalb beschränke ich mich auf wenige Andeutungen über die Verhältnisse, die sie mit denen dieser Reptilien gemein haben und werde mich hauptsächlich bei den Besonderheiten, durch die sie sich von ihnen unterscheiden, aufhalten.

Arterien. — Arteriae radicales. — Die Aa. radicales ventrales sind gut entwickelt, aber weder regelmässig noch symmetrisch; sie sind im Rumpfe zahlreicher als in der Cauda. Sie befinden sich wie bei den Chelonia in der mittleren Schicht der Meninx secundaria, und dies ist von besonderem Interesse, weil diese Schicht dem Intrarachnoidalraum der Säugetiere entspricht. Sie münden längs der ventralen Medianlinie in eine ansehnliche A. medullaris, im Hals unter fast rechtem Winkel, im Rumpf unter ein wenig spitzem Winkel, dessen Scheitel kranialwärts gerichtet ist.

Die Aa. radicales dorsales sind regelmässig; sie durchziehen die grosse Dura mater zusammmen mit den dorsalen Wurzeln, an deren Ventralfläche sie liegen, begeben sich kurz bevor diese Wurzeln sich in die Sulcus laterales dorsales des Rückenmarks, einsenken auf die Meninx und enden, indem sie sich bald in zwei grosse Äste, einen kranialen und einen kaudalen teilen.

Arteria medullaris. — Sie ist dick, vom Ligamentum ventrale der Meninx secundaria bedeckt, ohne Circuli arteriosi, und zeigt die charakteristischen Merkmale, die sie bei den anderen Reptilien hat; in den Transversalschnitten erscheint sie rund; das ist, wie bei den Schildkröten, in Beziehung zu bringen mit der grösseren Entwickelung der meningealen Räume bei dieser Art. Sie giebt keine lateralen Äste sondern nur dorsale Äste ab;

diese sind geradlinig und zahlreich (im Mittel 3 auf 1 mm) und teilen sich, sobald sie den Grund der Fissura medullaris erreicht haben, in zwei Aa. centrales, eine rechte und eine linke, die in die Nervensubstanz eindringen (Taf. IV, Fig. 7, A. c.).

Tractus arteriosi laterales. — Es sind dies zwei lange und ununterbrochene Anastomosenketten, die vollkommen denen der Chelonia gleichen aber viel grösser sind. Kranialwärts beginnen sie auf der Medulla oblongata als ein starker Ast, der zwischen den Ligamenta denticulata und der medullaren Wurzel des XI. Hirnnervenpaares absteigt; kaudalwärts sind sie noch in der Mitte der Cauda zu erkennen.

Während sie sich im Rumpf wie bei den Schildkröten verhalten, beobachtet man im Hals als häufigeres Verhalten, dass sich die Teilung der Aa. radicales dorsales, statt ventral von den gleichnamigen Wurzeln stattzufinden, erst dann vollzieht, wenn diese Arterien den Sulcus lateralis dorsalis erreicht haben, und der kaudale Ast, der daraus entsteht, zieht nicht immer ventral von den dorsalen Wurzeln, sondern unmittelbar dorsal von ihnen hin; manchmal bemerkt man statt eines zwei kaudale Äste, von denen einer ventral und einer dorsal von der entsprechenden Wurzel hinzieht; diese vereinigen sich sehr bald kaudalwärts von dieser Wurzel und setzen sich in den Tractus lateralis fort.

Dieser Tractus liegt im Halsteil mehr dorsalwärts als im übrigen Rückenmark, und erreicht mit der Konvexität, welche er in seinem Verlauf zeigt, die Sulci laterales dorsales.

Von diesen Anastomosenketten gehen Äste aus, die in ihrem Verlauf und ihrer Verteilung denen der Chelonia gleichen.

Gefässe der Nervensubstanz. — Die Aa. centrales, die der ventralen Oberfläche der gleichnamigen Kommissur folgen, erreichen die Basis der ventralen Säulen und teilen sich an dieser Stelle in einen R. columnae ventralis, welcher sich in der ventralen Säule verteilt, und in einen R. columnae dorsalis, der sich dorsalwärts wendet, an der Seite des Fasciculus longitudinalis inferior s. ventralis des ventralen Stranges (ein Nervenbündel, welches bei Alligator viel dicker als bei den

anderen Reptilien ist) hinzieht und sich medialwärts umbiegt, um die Basis der dorsalen Säule, in welcher er endigt, zu erreichen. (Taf. IV, Fig. 7.)

Die Äste der Tractus arteriosi laterales verhalten sich wie bei den Schildkröten.

Die eben beschriebenen Arterien enden, indem sie sich in Kapillare teilen, die ein Netz bilden, das dem der Chelonia gleicht; die Kapillaren der grauen Substanz sind oft spiralig gewunden und bilden zahlreiche Schleifen; weniger häufig sind diese Einrichtungen in der weissen Substanz. Unter den Kapillaren des Rückenmarks verdienen besondere Erwähnung diejenigen, welche von den Rr. columnarum dorsalium ausgehen, die dorsale Kommissur transversal durchziehen, und mit denen der entgegengesetzten Seite anastomosieren (Taf. IV, Fig. 7). Der Centralkanal und die Fasciculi longitudinales inferiores sind in einer Art gemeinsamer Gefässscheide eingeschlossen, welche ein cirka dreimal grösseres Kaliber hat als das dieses Kanales, der ihnen dorsal angelagert ist; die dorsale Wand dieser Scheide ist von Kapillaren der eben erwähnten dorsalen Kommissur gebildet, die lateralen Wände werden vom Anfang der Aa. columnarum dorsalium gebildet, und die ventrale entsteht aus den Aa. centrales (Taf. IV, Fig. 7). Der Centralkanal ist von einer eigenen Gefässscheide umgeben, die von feinen Kapillaren gebildet wird, welche von denen der dorsalen Kommissur ausgehen, und dicht aussen von den Ependymzellen ein Netz bilden, von dem sich Äste loslösen, die zwischen den Fasern der Fascic. longit. ventrales durchgehen und an der ventralen Kommissur sich zu dünnen Venen vereinigen (Taf. IV, Fig. 7); diese münden am Grund der Fissura medullaris.

Venen. — Von den Kapillaren des Rückenmarks entstammen Venen, von denen einige sich in der Fissura medullaris vereinigen und die Vv. centrales bilden, andere münden an der Peripherie. Die ersteren haben einen den gleichnamigen Arterien entgegengesetzten Verlauf, und begleiten sie gewöhnlich; die anderen verfolgen dagegen eine radiäre Richtung und entstehen entweder in der grauen oder in der weissen Substanz.

Die Vv. centrales, die weniger zahlreich sind als die gleichnamigen Arterien, werden am Grunde der Fissura medullaris durch feine longitudinale Aste miteinander verbunden, die eine fortlaufende Reihe wie bei den Chelonia bilden, und münden am Eingang der Fissura medullaris angelangt, in zwei longitudinale Systeme, die Tractus venosi mediani ventrales genannt werden können, der A. medullaris parallel und in ihrem Verlauf unterbrochen sind; sie werden von Anastomosen der Stämme gebildet, welche ungefähr in der Mitte jedes zwischen den Wurzeln gelegenen Raumes ihren Ursprung nehmen, und allmählich — je näher sie den ventralen Wurzeln kommen — ansehnlicher werden, um schliesslich an der Entstehungsstelle dieser Wurzeln zusammenzufliessen und so die Vv. radicales ventrales zu bilden. In die eben erwähnten venösen Anastomosen münden auch diejenigen unter den Vv. periphericae, welche sich auf der ventralen Fläche des Rückenmarks finden (Taf. IV, Fig. 7).

Die Vv. periphericae, welche den Grund des Sulcus medianus dorsalis erreichen, ergiessen sich in kurze in diesem Sulcus enthaltene longitudinale Venen, welche sich zu zwei und zwei vereinigen, wodurch transversale Stämme entstehen, die an den dorsalen Wurzeln zusammenfliessen, um die Vv. radicales dorsales zu bilden. Nur am Anfang des Rückenmarks, an den ersten zwei oder drei Spinalnerven, bemerkt man einen zusammenhängenden Tractus venosus medianus dorsalis, welcher alsbald kaudal vom IV. Ventrikel in eine der Vv. laterales mündet. Diese werden von Stämmen gebildet, die ungefähr in der Mitte eines jeden zwischen den Wurzeln liegenden Raumes entstehen und longitudinal gegen die dorsalen Wurzeln laufen, wobei sie zwischen den Tractus arteriosi laterales und den Ligamenta denticulata gelegen sind; sie bilden jedoch keine ununterbrochenen Anastomosenketten, sammeln das Blut der Vv. periphericae, die an den lateralen Flächen des Rückenmarks auftreten, und münden in die Vv. radicales dorsales, die bei ihrem Durchgang durch die dorsale Fläche auch das Blut dieser Fläche sammeln.

Die Gefässe des Alligator mississippiensis unterscheiden sich also nur durch einige Besonderheiten von denen der Chelonia.

Die Tractus arteriosi laterales haben verhältnismässig grösseres Kaliber als diejenigen der Schildkröten, aber nichtsdestoweniger ist die A. medullaris noch immer die Hauptarterie des Rückenmarks.

Die Aa. centrales sind meistens bis zu ihren Hauptverzweigungen von einer Vene begleitet; diese Thatsache beobachtet man bei den Chelonia nicht, und man kann dies vielleicht als eine Wiederholung dessen, was ich bei den Sauria beschrieben habe, deuten.

Die Venen, welche aus der Nervensubstanz austreten, sammeln sich auch weiterhin in zwei Systemen, von denen eins der Fissura medullaris und der ventralen Fläche des Rückenmarks angehört, und eins, das ausschliesslich ein peripheres ist, von Ästen gebildet wird, die in der Meninx secundaria zusammenfliessen. Sie zeigen daher eine geringere Komplikation als diejenigen der Chelonia. Es münden nämlich die Vv. centrales und diejenigen der ventralen Fläche, statt sich in Stämme zu sammeln, die, ohne fortlaufende Systeme zu bilden, der A. medullaris parallel sind, in zwei wahre Tractus venosi, bei denen man ziemlich selten Unterbrechungen antrifft. Das Vorhandensein longitudinaler Stämme, die in Reihen hintereinander in dem Sulcus medianus dorsalis liegen, beweist, dass die dorsalen Venen die Tendenz haben, auch in dieser Linie sich mittelst einer longitudinalen Anastomose zu vereinigen; dies tritt noch deutlicher an den lateralen Flächen des Rückenmarks hervor.

Schlussfolgerungen.

Wenn man nun die Anordnung der Rückenmarksgefässe bei den verschiedenen Ordnungen, welche die Klasse der Reptilien bilden, im ganzen prüft, so bemerkt man, dass die Ordnung

der Sauria diejenige ist, bei der sich die Blutzirkulation des Rückenmarks in der einfachsten Weise vollzieht.

In der That wird das Blut der Aa. vertebro-medullares bei den Sauria von den Aa. radicales ventrales hauptsächlich zur A. medullaris gebracht, von der es mittelst der Aa. centrales direkt in die Nervensubstanz hineingeführt wird; die sehr dünnen Aa. radicales dorsales verzweigen sich auf der Meninx und dienen dazu, in direkter oder indirekter Weise, nur den peripherischen Teil der weissen Substanz zu versorgen. Die A. medullaris hat daher die grösste Wichtigkeit für die Ernährung der Nervensubstanz, und ganz besonders der grauen Substanz; ihre Äste dringen vom Grunde der Fissura medullaris in das Mark ein und haben daher centrifugale Richtung. Zu diesen kommen, am häufigsten im Halsteil, noch andere Äste von geringerer Bedeutung hinzu, die ihr Blut von den Aa. radicales dorsales erhalten, und centripetale Richtung haben.

Wendet man sich nun den anderen Reptilien zu, so nähern sich die Ophidia durch die Anordnung ihrer Rückenmarksarterien den Sauria, und diese sich bei den Chelonia und dem Alligator (wenn nicht bei allen Crocodilia) zwar auch wesentlich wie bei den Sauria verhalten, jedoch mit dem Unterschied, dass die Wichtigkeit der Aa. radicales ventrales und der A. medullaris viel geringer ist, da die gut entwickelten und regelmässigen Aa. radicales dorsales zwei laterale Anastomosenketten entstehen lassen, von denen zahlreiche Äste für die weisse und manchmal auch für die graue Substanz ausgehen. Die A. medullaris vermindert bei den Chelonia und dem Alligator demzufolge ihr Kaliber und zeigt in ihrem Verlauf zahlreiche Maschen und Circuli arteriosi, von denen man nicht einmal eine Andeutung bei den anderen Reptilien beobachtet.

Die Kapillaren des Rückenmarks, die auch immer zahlreicher in der grauen als in der weissen Substanz sind, verhalten sich in sehr verschiedener Weise bei den Sauria fissilinguia, brevilinguia und crassilinguia (von einigen Ausnahmen

abgesehen) und bei den anderen Reptilien. Bei den ersteren sind die Verzweigungen jeder Arterie nämlich gleich und immer parallel jenen der entsprechenden Vene, und die letzten arteriellen Verzweigungen gehen in die ersten Venenverzweigungen durch eine einfache Schleife über; dagegen anastomosieren bei den anderen Reptilien die Kapillaren, die von der Verzweigung einer Arterie herstammen, mit denen der benachbarten Arterien und bilden so ein Netz, von welchem ein oder mehrere Venen von verschiedener Richtung ausgehen. Zwischen den Formen mit Schleifen der oben erwähnten Sauria und denen, die nur Netze bilden, wie bei den Ophidia, den Chelonia und dem Alligator (um nicht zu sagen bei allen Krokodilen) finden sich Übergangsformen, die von Netzen mit innerhalb der Maschen eingefügten Schleifen und von parallelen arteriellen und venösen Stämmen dargestellt werden, wie man sie bei Varanus unter den Sauria fissilinguia und bei Stellio unter den Crassilinguia beobachtet. Die einfachen Kapillarschleifen stellen sicherlich einen geringeren Grad der Komplikation dar als die Kapillarnetze; deshalb zeigen auch in dieser Hinsicht die Sauria und in besonderer Weise die Fissilinguia, die Brevilinguia und die Crassilinguia, ausgenommen die Varaniden, Stellio- und vielleicht einige andere Arten, eine weniger komplizierte Anordnung als die anderen Reptilien.

Was die Venen angeht, so bilden sie bei allen Reptilien zwei Systeme, von denen eins der Fissura medullaris und eins der Peripherie eigen ist, und unter denen bald das eine, bald das andere vorwiegt. In der Gruppe der Sauria fissilinguia, brevilinguia und crassilinguia (von einigen Ausnahmen abgesehen) ist das erste System sehr entwickelt, während das zweite wenig Bedeutung hat; bei den Sauria vermilinguia und den Ophidia überwiegt dagegen das zweite; bei den Chelonia und dem Alligator sind beide gut entwickelt. Es besteht daher eine enge Beziehung zwischen dem Modus der Arterienverteilung und dem des Zusammenfliessens der Venen.

Trotz der tiefgehenden Verschiedenheiten, die Ordnung von Ordnung und manchmal Art von Art unterscheiden, kann man

nichtsdestoweniger beobachten, dass — von den Sauria zu den Chelonia und dem Alligator (und wahrscheinlich allen Krokodilen) aufsteigend — die Gefässe des Rückenmarks sich so anordnen, dass eine immer bessere Blutversorgung der Nervensubstanz bewerkstelligt wird. Zu einer A. medullaris, die zuerst die graue und dann die weisse Substanz ernährt, gesellen sich zwei andere arterielle Wege, die Tractus arteriosi laterales, die zur Versorgung der weissen Substanz dienen, während die A. medullaris sich in der grauen Substanz verteilt; an die Stelle einfacher Schleifen tritt ein verwickeltes Netz; zu einem System von longitudinalen Venen, das am Anfang und im Innern der Fissura medullaris liegt, gesellen sich andere laterale und dorsale.

Wenn man nun die Rückenmarksgefässe der Reptilien mit denen der Amphibien vergleicht, so beobachtet man, dass bei den beiden Ordnungen der Urodela und der Anura sich zwei deutlich ausgesprochene Formen der Arterienverteilung — die centripetale bei den ersten, die centrifugale bei den zweiten — finden, während man beide Verteilungsarten bei den Reptilien gleichzeitig beobachtet, wobei die centrifugale Verteilung über die centripetale konstant, aber um so weniger hervortritt, je mehr man in der Reptilienreihe aufsteigt.

Die Kapillaren des Rückenmarks sind bei einigen wenigen Sauria, den Ophidia, den Chelonia und dem Alligator (wenn nicht bei allen Krokodilen) dünner und bilden engere Maschen als bei den Amphibia anura, welche, wie ich an der betreffenden Stelle bemerkt habe, diejenigen unter den Amphibia sind, bei denen die Kapillaren die grösste Ausbildung haben. Nur bei den Sauria fissilinguia, brevilinguia und crassilinguia (von einigen Ausnahmen abgesehen) haben diese Kapillaren grössere Einfachheit, da sie Schleifen statt Netze bilden, die für eine ausgiebige und gleichmässige Blutverteilung besser geeignet sind.

Bei den Reptilien ist diese Form des Übergangs der Arterien in Venen nur im Innern des Rückenmarks erhalten, weshalb die Gefässverteilung der Amphibia, und besonders der Batrachia, als höher stehend anzusehen ist als die der Fische;

das arterielle Blut wird dadurch ganz zum Vorteil der Nervensubstanz verwendet, die reich an Kapillaren ist, während solche in der Meninx secundaria fehlen. Von dieser Regel machen der grösste Teil der Sauria fissilinguia, brevilinguia und crassilinguia eine Ausnahme, weil bei ihnen die Aa. radicales dorsales sich auf der Meninx verzweigen, und, wenigstens zum Teil, in Venen übergehen ohne in das Rückenmark einzudringen.

Während bei den Amphibia die Venen an der dorsalen Fläche des Rückenmarks vorwiegen, eine Eigenschaft, die sie mit den Fischen gemein haben, überwiegen sie bei den Reptilia lateral und ventral und sammeln sich in longitudinalen Systemen, die bei den Chelonia und dem Alligator in der Zahl von drei — einem mediano-ventralen und zwei lateralen — Systemen vorhanden sind.

Die Venen haben, wie die longitudinalen Arterien, offenbar die Funktion, eine gleichmässige Blutzirkulation längs des ganzen Rückenmarks trotz des segmentären Charakters der Aa. vertebro-medullares zu bewirken, und überwiegen bei den Reptilien, und zwar um so mehr je höher ihre Stellung in der Tierreihe ist.

Schliesslich verteilen sich wie bei den Amphibia auch bei den Reptilia die Gefässe des kaudalen Endes des Rückenmarks in einfacherer Weise als im übrigen Teil; sie finden sich endlich nur noch in der Meninx und zeigen auf diese Weise eine enge Beziehung zu dem Grad der anatomischen Kompliziertheit des Organs, das sie zu ernähren haben.

Auch beim Vergleich der Gefässe der Medulla spinalis der Amphibia mit denen der Reptilia findet man, wenn man von einigen Ausnahmen absieht, eine bemerkenswerte Superiorität bei den Reptilia, die um so deutlicher hervortritt, je mehr man in dieser Klasse aufsteigt.

Kapitel V.

Aves.

Sehr spärlich sind die Angaben, die wir über die Gefässe der Medulla spinalis der Vögel besitzen.

Hofmann (1900, S. 266) beschränkt sich darauf, zu bemerken, dass bei Anser domesticus, bei Gallus domesticus, bei Turdus merula und bei Corvus corax sich längs der ventralen Medianlinie ein Tractus arteriosus spinalis ventralis findet, der sich kranialwärts in die A. basilaris fortsetzt und in seinem Verlauf die ventralen Äste der dünnen Aa. nervorum aufnimmt; an den Einmündungsstellen dieser Arterien finden sich Circuli arteriosi. Einige Aa. nervorum schicken auch dorsale Äste aus, die manchmal zwei, in ihrem Verlauf oft unterbrochene Tractus arteriosi spinales dorsales bilden. Das venöse Blut des kranialen Teiles der Medulla (1901, S. 257) sammelt sich bei Gallus domesticus in einem Stamm, die V. nervi hypoglossi, der in Begleitung dieser Nerven in den Sinus des Foramen occipitale magnum mündet. Auf der ventralen Fläche der Medulla ist es Hofmann nicht gelungen die Venen vollständig zu injizieren, und er hat deren nur einige und sehr kleine gefunden, die die Nerven begleiten; auf der dorsalen Fläche der Medulla oblongata und des Halsmarks beobachtete er einen längs der Medianlinie gelegenen kurzen Tractus venosus spinalis dorsalis. Die Rückenmarksvenen bei Anas domestica und bei Anser domesticus zeigen keine bemerkenswerten Unterschiede von denen bei Gallus.

Was die Verteilung der Gefässe im Innern des Rückenmarks betrifft, so bemerkt Stieda (S. 14), dass die Arterien hauptsächlich von der A. medullae inferior (Tractus spinalis ventralis von Hofmann) herkommen, die Äste in die Fissura medullaris hineinschickt. Diese verteilen sich in Form

von Kapillaren, welche kleine und runde Maschen in der grauen Substanz, grosse in die Länge gezogene und rechteckige Maschen in der weissen Substanz bilden.

In einer meiner früheren Arbeiten (1903) habe ich diese Gefässe bei Anas domestica L. beschrieben und die Verhältnisse kurz angedeutet, die sie bei Gallus domesticus Briss., bei Columba livia domestica, bei Athene noctua Gray und bei Psittacus erithacus L. zeigen. In der vorliegenden Arbeit werde ich mich mit der Beschreibung der Rückenmarksgefässe bei Gallus domesticus eingehender befassen, da ich im folgenden Teil auch die Entwicklung eben dieser Gefässe studieren werde; dagegen werde ich die Verhältnisse, die man bei Anas domestica L. antrifft, nur kurz andeuten; für weitere Angaben über diese verweise ich auf die obengenannte Arbeit. Was die Rückenmarksgefässe bei Anas domestica L., bei Numida meleagris L., bei Columba livia domestica, bei Athene noctua Gray., und ferner diejenigen bei Astor palumbarius Bechst. angeht, so beschränke ich mich der Kürze halber darauf, die Besonderheiten anzudeuten, durch die sie sich von den Blutgefässen des Rückenmarks bei Gallus domesticus unterscheiden.

Gallus domesticus.

Arterien. — Wie bei den bisher untersuchten Wirbeltieren stammen die Arterien des Rückenmarks und des Wirbelkanals von den Aa. vertebro-medullares ab, die durch die Intervertebrallöcher hindurchgehen und mittels Bindegewebe mit den Rückenmarksnerven verbunden sind. Im allgemeinen sind sie an den Anschwellungen der Medulla stärker entwickelt, manchmal sind ihre Dimensionen sehr reduziert, aber sie fehlen niemals. Nach Abgabe von Ästen an die Endorhachis und an das peridurale Gewebe teilen sie sich, wie bei den Chelonia, in zwei Aa. radicales, einen ventralen und einen dorsalen, welche die Dura mater getrennt durchziehen, indem sie sich den gleichnamigen Nervenwurzeln zugesellen (Taf. IV, Fig. 8).

Aa. radicales. — Diese Arterien haben ziemlich selten gleichmässiges Kaliber; meistens sind die ventralen viel dicker, so dass es aussieht, als bildeten sie die direkte Fortsetzung der Aa. vertebro-medullares.

Die Aa. radicales ventrales (Taf. II, Fig. 1, A. r. v.) verlaufen einem der Bündel der ventralen Wurzeln angelagert und richten sich, nachdem sie die Meninx secundaria erreicht haben, mit veränderlichem und leicht gewundenem Verlauf gegen die Medianlinie; auf ihrem Wege geben sie feine kraniale und kaudale Äste ab, die sich auf der Meninx in einer Weise verteilen, die ich im folgenden beschreiben werde. Die Aa. radicales ventrales teilen sich, sobald sie in unmittelbare Nähe der Medianlinie der ventralen Fläche gelangt sind, in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die mit den gleichen Asten der Aa. radicales der entgegengesetzten Seite anastomosieren unter Bildung eines unpaaren und medianen Tractus arteriosus ventralis.

Nicht alle Aa. radicales ventrales verhalten sich in der eben beschriebenen Weise, die als die typische angesehen werden muss. Manchmal münden sie in den Tractus arteriosus ventralis, ohne sich T-förmig zu teilen; ein anderes Mal vereinigen sich ihre kranialen oder kaudalen Äste — oder auch beide — nicht mit denen der andern Seite oder münden erst nach einem langen Verlauf in den Tractus arteriosus ventralis, was das Vorhandensein von zwei oder drei parallelen und benachbarten Tractus vortäuschen kann; endlich kann man Zwischenstufen zwischen diesen und den vorher beschriebenen typischen Anordnungen beobachten. Ausserdem kann man die Teilung der Aa. radicales ventrales in einen kranialen und einen kaudalen Ast, während sie in der Regel in unmittelbarer Nähe der Medianlinie stattfindet, sehr weit von ihr und sogar an den Ursprungsstellen der ventralen Wurzeln antreffen; diese Verhältnisse finden sich am häufigsten in der unteren Hälfte der Lendenanschwellungen und am Ende der Medulla.

Die Aa. radicales ventrales sind meistens unsymmetrisch. Schon in dem Augenblick, in welchem sie die Dura

mater durchziehen, folgt oft die der einen Seite einem der kranialen Bündel der Nervenwurzeln, dem sie sich zugesellt, und die der andern Seite einem der kaudalen Bündel; da die beiden Arterien im weiteren Verlauf immer dem entsprechenden Nervenbündel angelagert bleiben bis dieses die Medulla erreicht hat, so ergibt sich, dass sie sich immer mehr von einander entfernen.

Endlich muss ich noch erwähnen, dass nicht alle Aa. radicales ventrales die Medianlinie erreichen, sondern dass einige, die feiner als die anderen sind, sich auf den entsprechenden Nervenwurzeln oder auf der Meninx secundaria verlieren.

Die Aa. radicales dorsales (Taf. II, Fig. 2, A. r. d.) lagern sich der ventralen Fläche eines Bündels der dorsalen Wurzeln auf; kurz bevor dieses seine Ursprungsstelle erreicht, begeben sie sich auf die laterale Fläche der Medulla und teilen sich alsbald in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die mit ähnlichen Ästen der benachbarten Aa. radicales dorsales zusammenmünden und zwei Tractus arteriosi laterales bilden. Der Verlauf der Aa. radicales dorsales ist daher äusserst kurz und beträgt im Mittel kaum 0,5 mm; ihre Endigungsweise ist derjenigen der Aa. radicales ventrales gleich, da die von ihnen ausgehenden Äste nicht genau der Medullarachse parallel sind, sondern sich ein wenig gegen die dorsale Medianlinie wenden; ihre Endigungen würden, graphisch dargestellt, statt einem T einem Y gleichen, dessen obere Äste nach unten gekehrt sind.

Alle Aa. radicales liegen, nachdem sie durch die Dura mater hindurchgegangen sind, in der mittleren Schicht der Meninx secundaria. In der Lendenanschwellung (Taf. II, Fig. 3, A. r. v.) durchziehen die Aa. radicales ventrales, nach Erreichung der Medulla, in sehr gebogenen Verlauf die Mitte der quadratischen Räume, die medial von dem Ligamentum ventrale, lateral von den Ligamenta denticulata und kranial und kaudal von den transversalen Strängchen begrenzt werden.

Tractus arteriosus ventralis (Taf. II, Fig. 1 u. 3, T. a. v.). — Diese Arterienanastomose liegt, wie bei den Schild-

kröten, am ventralen Ende der Fissura medullaris und wird von dem Ligamentum ventrale der Meninx secundaria bedeckt; während dieses geradlinig ist, hat der in Rede stehende Tractus einen wenig gebogenen Verlauf, und springt deshalb öfters an den Seiten des Ligamentum hervor. Kranialwärts setzt er sich in die A. basilaris fort, durchläuft das ganze Rückenmark und endet an dessen zugespitztem Ende, nachdem er sich erheblich vermindert hat.

Wegen der Endigungsweise der Aa. radicales ventrales beobachtet man im Verlauf des Tractus arteriosus ventralis zahlreiche Maschen (Circuli arteriosi) von der Gestalt eines sehr in die Länge gezogenen Rhombus. In der Regel kommt auf jedes Paar der Aa. radicales ventrales deren einer; jedoch können sie auch wegen der in Bezug auf diese Arterie erwähnten Besonderheiten vollständig fehlen, oder sie werden von einer einzigen A. radicalis gebildet und haben infolgedessen dreieckige Gestalt. An den ihnen entsprechenden Stellen ist der Tractus arteriosus ventralis manchmal unterbrochen, ein anderes Mal setzt er sich dagegen in der Richtung der grösseren Achse fort; in diesem Fall hat der im Innern des Circulus arteriosus eingeschlossene Teil oft kleineres Kaliber, als derjenige des übrigen Rückenmarks.

Zwischen den eben erwähnten Maschen hat der Tractus, den ich jetzt beschreibe, im Mittel einen Durchmesser von 0,10—0,15 mm; in den Anschwellungen der Medulla ist er ein wenig grösser.

In der Lendenanschwellung (Taf. II, Fig. 3) hat der Tractus arteriosus ventralis einen mehr gewundenen Verlauf als im übrigen Rückenmark, sodass er trotz der starken Entwicklung des Ligamentum ventrale oftmals an dessen Seiten vorspringt.

Von dem Tractus arteriosus ventralis lösen sich laterale und dorsale Äste ab.

Die Rr. laterales haben im Mittel ein Kaliber von 0,03 mm, einige sehr feine jedoch messen kaum 0,015 mm, während die grössten 0,050 mm erreichen. An der Stelle der

oben beschriebenen rhombischen Maschen entstehen sie direkt aus den Endästen der Aa. radicales ventrales. Meistens bilden sie mit dem Stamm, von dem sie ausgehen, einen rechten oder fast rechten Winkel, wenden sich in gewundenem Verlauf lateralwärts, sind immer in der mittleren Schicht der Meninx secundaria eingeschlossen und enden, wenigstens zum grössten Teil, indem sie sich in Form eines T, wenige auch in Form eines Y teilen. Die grösseren teilen sich, sobald sie an die Linie, welche die Ursprungsstellen der ventralen Wurzeln verbindet, gelangt sind, in einen kranialen und einen kaudalen Ast, die auf irgend einer Strecke des cervikalen Teils mit ähnlichen Ästen oder mit Ästen, die von den Aa. radicales ventrales herkommen, anastomosieren; auf diese Weise bilden sich zwei sehr unvollständige Tractus arteriosi ventro-laterales (Taf. II, Fig. 1, T. a. vl.), die jedoch nicht bei allen Exemplaren zu finden sind. Die dünnsten unter den Rr. laterales verlieren sich nach kurzem Verlauf, indem sie sich wie die vorhergehenden teilen. Von allen diesen kleinen Arterien, welche die ventrale Fläche der Medulla und die lateralen Flächen bis an die Ligamenta denticulata durchziehen, gehen Ästchen aus, die in der Weise enden, dass sie nach wechselndem meistens longitudinalem Verlauf, und nachdem sie sich zuletzt manchmal in einen kranialen und kaudalen Ast geteilt haben, in das Innere der Nervensubstanz eindringen.

Die Rr. dorsales tractus arteriosi ventralis (Taf. IV, Fig. 8, R.) senken sich in mehr oder weniger gewundenem Verlauf in die Fissura medullaris, und sind zwischen den beiden Blättern der Meninx secundaria, welche das Septum medullare bilden, eingeschlossen. Nach wechselndem Verlauf teilen sie sich in 2—5 Äste (Aa. centrales), die sich voneinander entfernen, wobei sie sich stets in der Sagittalebene halten. Einige von ihnen folgen in gewundenem Verlauf dem Grunde der Fissura medullaris, und dringen dann in das Innere der Medulla; andere anastomosieren mit benachbarten ähnlichen Arterien; von den auf diese Weise gebildeten Arkaden gehen andere dorsale Äste aus, die sich in die Medulla einsenken. Neben diesen Rr. dor-

sales trifft man andere — aber seltener als die vorhergehenden —, die bis auf den Grund der Fissura medullaris gehen und erst dann sich in zwei Aa. centrales teilen, einen rechten und einen linken, die in die Nervensubstanz eindringen.

Alle Rr. dorsales versorgen die beiden Hälften der Medulla gleichzeitig mit Blut, da auch in dem Fall, dass ein Ast viele Aa. centrales entstehen lässt, einige von diesen auf die eine Seite gehen und andere auf die andere.

Die Menge des Blutes, welches jeder R. dorsalis der Nervensubstanz zuführt, wechselt von einem zum andern; denn einige sind dick — und meistens sind es gerade diese, welche sich in viele Äste teilen —, während andere dünn sind.

Ihre Zahl steht in Beziehung zu ihrem Kaliber; wenn sie dick sind, kann man deren 12—14 auf einen Centimeter Länge zählen, wenn sie dünn sind giebt es deren 18—20.

Sie verteilen sich, von einigen ziemlich seltenen Fällen abgesehen, nicht gleichmässig in den beiden Hälften der Medulla. Wenn man jedoch statt eines einzelnen viele Rr. dorsales in Betracht zieht, so kann man konstatieren, dass sie zusammen genommen ebenso viel Blut der einen Hälfte der Medulla zuführen als der andern.

Auch die Aa. centrales haben kein gleichmässiges Kaliber, auch bei ihnen steht die Zahl in enger Beziehung zu den Dimensionen; im Mittel findet man 20—25 auf einen Centimeter Länge.

Längs der Fissura medullaris schicken sowohl die Rr. dorsales als auch die Aa. centrales feine Astchen in die ventralen Stränge.

In der Lendenanschwellung sind die Rr. dorsales Tractus arteriosi ventralis sehr kurz und fehlen, gerade wie die Fissura medullaris, an der Stelle der Centralteile des Sinus rhomboidalis vollständig; in diesem Teil (Fig. 10 im Text, 2) gehen die Aa. centrales von der dorsalen Wand des Tractus arteriosus ventralis aus, dringen alsbald in die Commissura ventralis und wenden sich bald nach der einen bald nach der andern Seite. Meistens sind sie nicht symmetrisch;

ihr Kaliber ist kleiner als das der Aa. centrales der übrigen Medulla, aber dafür ist ihre Zahl grösser.

Tractus arteriosi laterales (Taf. II, Fig. 2 u. Fig. 4, T. a. l.). — Wie der ventrale, so sind auch diese Tractus denen der Schildkröten sehr ähnlich, sie erweisen sich im ganzen genommen als aus arteriellen Arkaden zusammengesetzt, deren Zahl den interradikulären Segmenten gleich ist, und die sich, mit lateral gerichteter Konkavität, von einer zur andern Ursprungsstelle der dorsalen Wurzeln hinüberspannen. Eine kleine Arterie, die zusammen mit dem Nervus spinalis in den Schädel eintritt, bildet ihren kranialen Anfang; sie sind längs des ganzen Rückenmarks gut entwickelt und sind auch kaudalwärts an der Lendenanschwellung erkennbar. Was ihre Lage betrifft, so finden sie sich in der Nähe der durch das Zusammentreffen der dorsalen mit den lateralen Flächen der Medulla gebildeten Winkel, und deshalb würde auch der Namen Tractus arteriosi laterodorsales für diese Tractus zutreffen; ich behalte für sie den Namen Tractus arteriosi laterales bei, weil dieser ihre Lage genügend bestimmt und dabei auch ihre Homologie mit ähnlichen Anastomosen der anderen Wirbeltiere zum Ausdruck bringt. In der Lendenanschwellung (Taf. II, Fig. 4) sind sie im Sulcus der lateralen Flächen eingeschlossen und ziehen daher zwischen den Lobi accessorii [Hofmannsche Kerne von Koelliker (1902)] und den Anfängen der dorsalen Wurzeln und zwar sehr nahe bei diesen letzteren hin.

Die Tractus arteriosi laterales lassen Rr. mediales und laterales hervorgehen. Die ersteren sind dicker und verteilen sich auf der dorsalen Fläche der Medulla, indem sie sich in sekundäre Äste teilen, die meistens der Achse der Medulla parallel oder wenig schräg gegen dieselbe geneigt sind; sie anastomosieren untereinander und mit ähnlichen Ästen, die vom Tractus arteriosus lateralis der entgegengesetzten Seite herkommen, wobei sie ein Netz bilden, dessen Maschen weiter sind als die der ventralen Fläche. Einige arterielle Äste, besonders am Hals, sind längs der dorsalen Medianlinie gelegen und bilden manchmal einen dünnen und unregelmässigen Tractus,

der den Tractus arteriosi ventro-laterales zu vergleichen ist. Von dem eben beschriebenen Netz gehen dünne Aste aus, die nach wechselndem Verlauf und nachdem sie sich manchmal von neuem geteilt haben, in die Medulla eindringen.

Die Rr. laterales sind dünner, dafür aber zahlreicher als die vorhergehenden; ihr Verlauf ist kurz und sehr wechselnd; durch Teilung in sekundäre Äste bilden sie ein Netz mit kleineren Maschen als die des dorsalen Netzes; von ihm gehen Ästchen aus, die sich wie die des dorsalen Netzes verhalten. Diese Rr. laterales überschreiten niemals die Ligamenta denticulata, deshalb treten keine Anastomosen zwischen den Tractus arteriosi laterales und dem ventralis und daher auch zwischen den Aa. radicales dorsales und den ventrales auf.

In der Lendenanschwellung können die Äste, die aus den Tractus arteriosi laterales hervorgehen durch die Lage, die diese Tractus arteriosi laterales in den lateralen Furchen einnehmen, nicht mehr mit den Namen mediales und laterales unterschieden werden, sondern sind vielmehr als dorsales und ventrales zu bezeichnen. Die ersteren verteilen sich auf den gleichnamigen Strängen und reichen bis in den Sulcus medianus dorsalis, der bekanntlich in diesem Teil ausgedehnt und mit gallertiger Substanz ausgefüllt ist; sie begeben sich alsdann zwischen diese und die Nervenfasern der dorsalen Stränge hinein, und teilen sich in ihre Endäste, die zum grössten Teil in das Innere der dorsalen Stränge eindringen oder mit ähnlichen Ästen der anderen Seite anastomosieren und zum kleinen Teil in die Gallertsubstanz hineingehen. Diese Äste kann man nach Injektion der Gefässe eines frischen Sinus rhomboidalis, wegen der grossen Durchsichtigkeit des Gallertgewebes, sehr gut sehen.

Im centralen Teil der Lendenanschwellung erstrecken sich die Rami dorsales Tractuum arteriosorum lateralium bis in die Furchen, welche die Gallertsubstanz von den dorsalen Strängen abgrenzen; zum grössten Teil senken sie sich, den

Strängen angelagert, in die Medulla, und nur dünne Äste gehen in das Gallert-Gewebe.

Die Rami ventrales der Tractus arteriosi laterales sind in der Lendenanschwellung zahlreicher als im übrigen Rückenmark und bilden ein sehr dichtes Netz; sie verteilen sich auch auf der äusseren Fläche der Lobi accessorii.

Blutgefässe der Rückenmarkssubstanz. — Die Arterien, die in das Innere der Medulla dringen, stammen von den Aa. centrales und von den Ästen, die sich an der Oberfläche des Marks von den oben beschriebenen arteriellen Netzen ablösen; ich nenne diese Äste, wie bei den Chelonia, Aa. periphericae im Gegensatz zu den Aa. centrales.

Ich habe schon erwähnt, dass die Aa. centrales vom Grunde der Fissura medullaris in das Rückenmark eindringen; sie durchziehen die Commissura ventralis in gewundenem Verlauf und in bald lateralwärts schräger, bald auch kranialer und kaudaler Richtung, und enden an der Basis der ventralen grauen Säulen durch Teilung in einen kranialen und kaudalen Ast. Einige setzen nach Abgabe dieser Äste ihren Weg fort und verlieren sich nach kurzem Verlauf; andere schlagen, statt sich zu teilen, eine Längsrichtung ein, laufen auf der Grenze zwischen Kommissur und grauer Substanz herab, indem sie Äste in diese letztere hineinschicken, bis sie selbst mit äusserst reduziertem Kaliber in diese eindringen. Man ersieht daraus, dass die Aa. centrales oder die Äste, die von ihnen ausgehen, eine ausgeprägte Tendenz zeigen, parallel der Rückenmarksachse zu verlaufen.

Von diesen longitudinalen Stämmen, die an den Seiten und ein wenig ventralwärts vom Zentralkanal liegen, gehen zahlreiche Ästchen aus, die sich nach kurzem Verlauf in Kapillare von mm 0,005 Durchmesser und sehr wechselnder Richtung teilen. Sie anastomosieren untereinander und mit den von den benachbarten Arterien herkommenden Kapillaren, bilden ein sehr dichtes und verwickeltes Netz mit Maschen von sehr verschiedener Gestalt, die aber meistens in der Richtung der Längsachse verlängert sind. Um sie beobachten zu können, bedient

man sich daher am besten frontaler und sagittaler Schnitte. Sie sind in sehr verschiedenen und oft gekrümmten Ebenen gelegen, die sich in verschiedenem Winkel treffen; neben Maschen, deren grössere Achse mm 0,025 misst, findet man andere von mm 0,12—0,13 Achsenlänge; im Mittel messen sie mm 0,07.

Die Kapillaren des eben beschriebenen Netzes erstrecken sich bis in die Nähe des Centralkanals, wo sie von longitudinalen Stämmen begrenzt werden, die unmittelbar nach aussen von dem Ependym liegen.

In der Kommissur sind die Maschen weiter und weniger zahlreich als in den ventralen Säulen.

Die Aa. periphericae (Taf. IV, Fig. 8, A. p.) sind besonders zahlreich an den lateralen Flächen; die wenigsten kommen von der dorsalen Fläche, die zahlreichsten aber gehen durch die Enden der grauen Säulen. Diejenigen, welche in das Rückenmark mit einem den ventralen Wurzelfasern entgegen gerichteten Verlauf eindringen, sind die grössten; nach Abgabe von Ästen an die weisse Substanz und nachdem sie die graue Substanz erreicht haben, teilen sie sich alsbald in Kapillare, die mit dem von den Verzweigungen der Aa. centrales gebildeten Kapillarnetz in Verbindung treten. Die Endigungsweise dieser Arterien in der grauen Substanz ist ein wenig verschieden von derjenigen der Aa. centrales, da sie sich, statt sich in Äste zu teilen, die der Medullarachse parallel sind, Y förmig in Äste verzweigen, die in sehr verschiedenen Ebenen liegen.

In Bezug auf die Wichtigkeit folgen nunmehr die Aa. periphericae, welche die dorsalen Wurzeln begleiten oder von den Furchen, die zwischen den Ursprungsstellen derselben liegen, eindringen; sie durchziehen nur eine kurze Strecke der weissen Substanz.

Von den Aa. periphericae, die von dem übrigen Teil der Oberfläche der Medulla eindringen, enden die stärksten in der grauen Substanz, wobei sie sich wie die vorhergehenden verhalten, und folgen gewöhnlich einem der radiären Fortsätze, die die graue Substanz in die weisse schickt.

Von allen Aa. periphericae gehen während ihres Durchgangs durch die weisse Substanz Äste aus, die sich in dieser verteilen; die dünnsten Aa. periphericae enden sogar ausschliesslich in dieser Substanz. Aus diesen Ästen, deren Verlauf wechselnd ist, gehen Kapillare hervor, die zwischen den Nervenfasern, parallel zur Medullarachse und oft leicht gewunden verlaufen; ab und zu sind sie durch transversale Äste verbunden, und bilden so in ihrer Gesamtheit ein Netz, das Maschen von viereckiger in der Richtung der Körperachse in die Länge gezogener Gestalt mit abgerundeten Ecken hat; um dieses Netz zu beobachten bedient man sich daher sagittaler oder frontaler Schnitte. Das Kaliber dieser Kapillaren ist dem der Kapillaren der grauen Substanz gleich.

Einige dünne Äste der Aa. periphericae gehen ununterbrochen in eine Vene über, ohne Kapillaren hervorgehen zu lassen; diese Äste erreichen manchmal einen Durchmesser von mm 0,01.

In dem Teil der weissen Substanz, der unmittelbar an die graue Substanz grenzt, stammen die Kapillaren auch von den Asten dieser letzteren ab.

Aus den Kapillarnetzen der Medulla entspringen zahlreiche Venen (Taf. IV, Fig. 8), von denen einige sich am Grunde der Fissura medullaris, andere an der Peripherie der Medulla vereinigen. Die ersteren sammeln das Blut von der medialen Hälfte der ventralen Stränge, von der grauen Substanz, welche die Basis der Säulen bildet, und der, welche den Centralkanal umgiebt, sowie von der ventralen Kommissur. Die zweiten haben eine den vorigen entgegengesetzte Richtung; da sie an der Peripherie der Medulla münden, verdienen sie den Namen Vv. periphericae; die kräftigsten dieser letzteren entstehen in der grauen Substanz und nehmen Äste aus der weissen auf, die dünnsten entspringen nur in dieser letzteren.

Unter den Vv. periphericae verdienen wegen ihrer Regelmässigkeit besondere Erwähnung die Venen, die von den Enden der ventralen und dorsalen Säulen ausgehen, und die, welche in dem Septum verlaufen, das von den Ausläufern des Ependyms gebildet wird, welches dorsal den Centralkanal

bekleidet (Taf. IV, Fig. 8, V. pd.). Die ersteren begleiten die Aa. periphericae oder wechseln mit ihnen ab; die zweiten sind sehr dick und zahlreich (in der Halsanschwellung erreichen die grössten einen Durchmesser von 0,05 mm, und auf einen Centimeter Länge zählt man im Mittel 6 von ihnen); sie haben elliptischen Querschnitt, als wenn sie zwischen den dorsalen Strängen der Medulla platt gedrückt wären; sie sammeln das Blut aus dem Netz der Basis der dorsalen Säulen, aus der dorsalen Kommissur und der benachbarten weissen Substanz. Einige dieser letzteren Venen nehmen ihren Ursprung in den dorsalen Strängen, wenden sich medialwärts bis sie auf das obenerwähnte Septum treffen, und biegen alsdann gegen die dorsale Fläche um; sie münden am Ende des Sulcus medianus dorsalis in longitudinale Venen, die im folgenden beschrieben werden sollen.

Die Vv. periphericae in der grauen Substanz entstehen durch das spitzwinkliche Zusammenfliessen kleinerer in sehr verschiedenen Ebenen gelegener Stämme; sie haben in der weissen Substanz geradlinigen oder wenig gewundenen und meistens radiären Verlauf, obwohl auch einige schräg sind; daher bilden gewöhnlich die von ihnen aufgenommenen Äste mit ihnen einen rechten Winkel.

In der Lendenanschwellung (Fig. 10 im Text) entspringen und verteilen sich die Arterien, welche die Nervensubstanz durchdringen, etwas verschieden von der Art und Weise, wie ich es für das übrige Rückenmark beschrieben habe.

Daraus, dass die ventralen grauen Säulen lateral und der Centralkanal ventral gedrängt sind, ergiebt sich, wie ich oben beschrieben habe, dass die Fissura medullaris wenig tief ist, und an der Stelle des Centralteiles des Sinus rhomboidalis geradezu fehlt; daraus folgt, dass die Aa. centrales (Fig. 10, 2) häufig ihren Ursprung direkt aus dem Tractus arteriosus ventralis (1) nehmen und sich bald rechts bald links in die ventrale Kommissur hinein begeben; indem sie sich immer innerhalb derselben halten und in ihrem Verlauf feine Äste abgeben, erreichen sie dorsal den Centralkanal an der Spitze des durch das Zu-

sammentreffen der ventralen und dorsalen Säulen gebildeten Winkels, und enden durch Teilung in mediale und laterale Aste. Diese letzteren verästeln sich ihrerseits in sekundäre Äste, die sich in dem Kapillarnetz der grauen Substanz verteilen, welches dem für die übrige Medulla beschriebenen ähnlich ist; die anderen dagegen (3) wenden sich, indem sie sich immer in einer dorsal vom Centralkanal gelegenen Frontalebene halten, auf die entgegengesetzte Seite und schicken während ihres Verlaufes ventrale und dorsale Ästchen in die Gallertsubstanz. Sie teilen auf diese Weise die Gallertsubstanz in zwei Teile, einen ventralen von dreieckigem Querschnitt mit hinterer Basis, der zwischen die

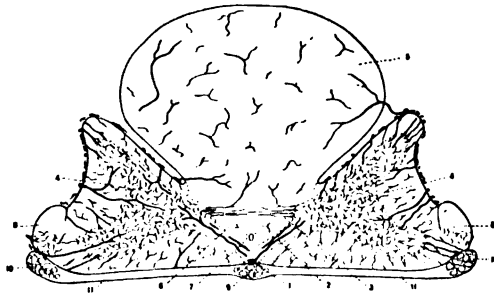


Fig. 10.

Querschnitt des Centralteils der Lendenanschwellung von Gallus domesticus (Vergr. 10:1). — 1 Tractus arteriosus ventralis, 2 Arteria centralis, 3 Ihre medialen Äste, 4 Netz der grauen Substanz, 5 Dorsalteil des Gallertgewebes, 6 Ventralteil des Gallertgewebes, 7 Canalis centralis, 8—8 Lobi accessorii, 9 Ligamentum ventrale meningis secundariae, 10—10 Ligamenta denticulata, 11—11 Transversale Strängchen.

ebengenannte Ebene und die ventrale Kommissur eingeschlossen ist, und einen ansehnlicheren dorsalen. Im ersten Teil (6) liegt der Centralkanal (7) beinahe in der Spitze des Dreiecks. Von den eben beschriebenn transversalen Ästen stammt der grösste Teil der Kapillaren im Dorsalteile des Gallertgewebes ab; sie sind ziemlich selten und bilden nicht immer wahre und eigentliche Maschen. Ihr Kaliber ist im übrigen dem der anderen Kapillaren des Rückenmarks gleich; in dem mehr peripheren Teil ist ihre Richtung meistens radiär, in dem übrigen ist sie unregelmässig; ihr Verlauf ist gewöhnlich gewunden. Ähnlich

verhalten sich auch die Kapillaren in dem Ventralteil der Gallertsubstanz, welcher den Centralkanal umgiebt.

Kranial und kaudal von dem Centralteil des Sinus rhomboidalis in dem kleinen Teil des Gallertgewebes, der zwischen den dorsalen Strängen eingeschlossen bleibt, verhalten sich die Kapillaren auch in der oben beschriebenen Weise; sie gehen aus denen der umgebenden grauen Substanz hervor.

Am Anfang und Ende der Lendenanschwellung sind die Venen, welche die Mitte der dorsalen Stränge durchziehen, sehr dick, und sammeln ausser aus diesen Strängen auch das Blut der ganzen centralen grauen Substanz. Am Sinus rhomboidalis vereinigen sich die Venen der Basis der ventralen Säulen zu dicken die ventrale Kommissur durchziehenden Stämmen; sehr dick sind auch die Venen, die an den lateralen Flächen ausmünden. Im Centralteil des Sinus rhomboidalis sammeln sich die Venen der Gallertsubstanz und der dorsalen Stränge in Stämme, die in den zwischen dem gallertigen Gewebe und diesen Strängen gelegenen Furchen an die Oberfläche gelangen (Fig. 10 im Text).

Das arterielle Blut, welches in die Lobi accessorii geht, stammt zum Teil von den Aa. periphericae ab, die zu den ventralen Säulen gehen, und zum Teil von eigenen Ästen, die sich von dem in der äusseren Schicht der Lobi beschriebenen Netze loslösen (Fig. 10 im Text, 8). Die daraus hervorgehenden Kapillaren bilden ein dichteres Netz als das der weissen Substanz, und ein etwas weniger dichtes als das der grauen Substanz; dasselbe nimmt nur die ventralen $^{2}/_{3}$ der Lobi, d. h. den die Nervenzellen enthaltenden Teil ein; im dorsalen Drittel, das nur von der Gallertsubstanz gebildet wird, sind die Kapillaren äusserst selten.

Die Kapillaren der Lobi accessorii stehen in Verbindung mit den Kapillaren der ventralen grauen Säulen durch Vermittelung derjenigen der weissen Substanz.

Die Venen der Lobi accessorii gehen zum Teil in die der benachbarten weissen Substanz, und zum Teil in eigene

Vv. periphericae, die hauptsächlich in den Furchen ausmünden, welche die Lobi abgrenzen.

Venen. — Wie ich schon erwähnt habe, kann man die Venen der Medulla spinalis bei Gallus dom. in zwei Gruppen, die Vv. centrales und die Vv. periphericae zusammenfassen.

Die ersteren (Taf. IV, Fig. 8, V. c.) entstehen in der Fissura medullaris in wechselndem Abstand von ihrem dorsalen Ende durch das Zusammenfliessen der feinen Ästchen, die aus der Nervensubstanz und besonders aus der grauen Substanz hervorgehen; sie durchlaufen dieselbe in entgegengesetzter Richtung wie die gleichnamigen Arterien. Das Kaliber dieser Venen ist geringer als das der Aa. centrales.

Sobald die Vv. centrales die Oberfläche der Medulla erreicht haben, ziehen sie an der Seite des Tractus arteriosus ventralis hin, vereinigen sich in verschiedener Entfernung von der Medianlinie und bilden so Stämme, die in wechselndem Verlauf die ventrale Fläche durchziehen und den Anfang der Vv. radicales ventrales bilden (Taf. II, Fig. 1 und Fig. 3); diese letzteren sind denen der Chelonia ähnlich. Der Vereinigungspunkt der Vv. centrales findet sich manchmal an der Ursprungsstelle der ventralen Wurzeln; dieses letztere Verhalten bildet die Regel im mittleren Teil der Lendenanschwellung des Rückenmarks (Taf. II, Fig. 3). Manchmal, aber nicht häufig, beobachtet man in der Nähe des Ligamentum ventrale der Meninx secundaria longitudinale Venen, in welche die Vv. centrales münden.

Die Vv. periphericae, die an die ventrale Fläche der Medulla gehen, ergiessen sich zum kleinern Teil in die Anfangsstämme der Vv. radicales ventrales, zum grösseren Teil werden sie von longitudinalen Venen durchzogen, die längs der die Anfänge der ventralen Wurzeln verbindenden Linie oder ihr benachbart liegen; ich nenne sie deshalb Vv. ventro-laterales (Taf. II, Fig. 1, V. vl.). Sie beginnen meistens in der Mitte der Spatia interradicalia, werden allmählich, je mehr sie sich den Wurzeln nähern, immer dicker durch die zahlreichen

Stämme, die sie auf ihrem Weg aufnehmen, und münden schliesslich in die Vv. radicales ventrales. In diese Venen ergiessen sich auch die Venen der ventralen Teile der lateralen Flächen; diese überschreiten häufig die Ligamenta denticulata.

Daher lassen sich an der ventralen Fläche der Medulla drei Systeme longitudinaler Venen, ein medianes, das am wenigsten entwickelt ist, und zwei laterale beobachten; die Venen dieser Systeme anastomosieren nicht untereinander unter Bildung von Tractus. Von zwei dieser Systeme, oder auch von einem der lateralen Systeme allein, entstehen die Vv. radicales ventrales; diese sind sehr regelmässig und verlaufen — einem der ventralen Wurzelbündel angelagert — ventralwärts (Taf. II, Fig. 1 u. 3, V. r. v.). Ihr Kaliber wechselt beträchtlich; manchmal sind sie sehr dünn. Sie durchziehen mit den ventralen Wurzeln die Dura mater und vereinigen sich in dem periduralen Raum mit den Vv. radicales dorsales.

In der Lendenanschwellung fehlen die Vv. centrales; es finden sich statt ihrer nur Stämme, die der ventralen Kommissur folgen und ein grösseres Kaliber haben als diese; aus ihrer Vereinigung gehen im übrigen Rückenmark die Vv. centrales hervor. Die Vv. ventro-laterales werden durch feine längs dem medialen Rande der Ligamenta denticulata liegende Äste vertreten.

Die Vv. periphericae, die zwischen den dorsalen Strängen des Rückenmarks verlaufen und deren Regelmässigkeit und Bedeutung ich seinerzeit hervorgehoben habe, münden im Sulcus medianus dorsalis in dicke longitudinale Stämme, die den Namen Vv. medianae dorsales verdienen (Taf. II, Fig. 2, V. m. d.). Diese beginnen in der Mitte der interradikalen Segmente, werden allmählich immer dicker je mehr sie sich von diesem Punkte entfernen, und vereinigen sich an den dorsalen Wurzeln zu zwei und zwei unter Bildung dicker transversaler Stämme, die sich bald rechts bald links wenden und die Anfänge der Vv. radicales dorsales (V. r. d.) sind. In den Vv. medianae dorsales sammelt sich auch das Blut, das von den in den mitt-

leren Teil der dorsalen Fläche mündenden Vv. periphericae zugeführt wird.

In der Nähe der Tractus arteriosi laterales laufen andere longitudinale Venen, die Vv. laterales genannt werden können (Taf. II, Fig. 2, V. ll.); auch sie beginnen in den interradikalen Räumen und sammeln das Blut der lateralen Teile der dorsalen Fläche und der dorsalen Hälfte der lateralen Flächen. Das Kaliber dieser Venen ist kleiner als das der Vv. medianae dorsales, jedoch grösser als das der Vv. ventro-laterales. Die Vv. laterales sind sehr regelmässig und enden durch Einmündung in die Vv. radicales dorsales. Wie man hieraus ersieht, begegnet man auch in der dorsalen Hälfte der Rückenmarksoberfläche drei Systemen longitudinaler Venen, einem unpaaren medianen, welches das grössere ist, und zwei paarigen latero-dorsalen; auch diese Systeme vereinigen sich nicht zur Bildung von Tractus venosi. In ihrer Gesamtheit führen sie eine grössere Menge Blut ab, als die drei Systeme der ventralen Hälfte.

Die Vv. radicales dorsales (Taf. II, Fig. 2 u. 4 V. r. d.) sind dicker als die ventralen, und wie diese sehr regelmässig. Ihr Kaliber ist ziemlich wechselnd; die ansehnlichsten gehen aus der Verschmelzung der beiden Vv. medianae dorsales hervor und nehmen die entsprechenden Vv. laterales auf; die anderen stammen jedoch nur von diesen letzteren ab. Sie lagern sich der ventralen Fläche der dorsalen Wurzeln auf, durchziehen mit ihnen die Dura mater, und vereinigen sich alsdann mit den Vv. radicales ventrales, um so die Anfänge der Vv. vertebro-medullares zu bilden.

In der Lendenanschwellung (Taf. II, Fig. 4) sind die Vv. laterales unmittelbar dorsal von den Ligamenta denticulata gelegen und sammeln das Blut der lateralen Flächen der Anschwellung und ihrer Lobi accessorii. An der Stelle der Gallertsubstanz fehlen die Vv. medianae dorsales; die Vv. radicales dorsales entstehen alsdann aus den, mitunter longitudinalen, Stämmen, die sich in den Furchen zwischen der Gallertsubstanz und den dorsalen Strängen befinden.

Anas domestica.

Die Anordnung der Rückenmarksgefässe dieser Art zeigt nur kleine Unterschiede gegenüber denjenigen bei Gallus dom.

Die Aa. radicales ventrales erreichen die Medulla in beträchtlichem Abstand von der ventralen Medianlinie, teilen sich in typischer Weise in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die sich schräg gegen die Medianlinie richten und sie ungefähr in der Mitte der interradikalen Räume erreichen. Infolgedessen sind die rhombischen Maschen, die von den Endigungen der Aa. radicales ventrales der einen Seite zusammen mit denen der gleichen Arterien der anderen Seite gebildet werden, viel weiter als bei Gallus; in ihrer Mitte beobachtet man meistens einen medianen, vom Ligamentum ventrale der Meninx secundaria bedeckten Stamm. Der Tractus arteriosus ventralis ist daher viel unregelmässiger als bei Gallus, und die Stämme, die ihn bilden, sind nicht alle im Eingang der Fissura medullaris vereinigt.

Die Rr. dorsales Tractus arteriosi ventralis stammen bald von dem medianen Stamm, bald von der Endigung der Aa. radicales ventrales ab; sie sind meistens auch in der Mitte der Lendenanschwellung in Gestalt ziemlich kurzer Äste vorhanden.

Die Vv. centrales werden unmittelbar seitwärts von dem Ligamentum ventrale von longitudinalen Stämmen aufgenommen; dieselben beginnen ungefähr in der Mitte jedes interradikalen Raums, und entfernen sich während ihres Verlaufs allmählich voneinander; ich nenne diese Venen Vv. medianae ventrales. In der Ebene der Ursprungsstellen der ventralen Wurzeln fliessen sie zwei und zwei zusammen und bilden transversale Stämme, welche die Anfänge der Vv. radicales ventrales sind. Bei Gallus sind die Vv. medianae ventrales kaum angedeutet.

Die Vv. ventro-laterales kann man auch bei Anas wahrnehmen, aber im allgemeinen sind sie weniger ansehnlich als bei Gallus.

Die Vv. medianae dorsales sind weniger entwickelt.

Im übrigen sind die Rückenmarksgefässe bei Anas und Gallus gleich.

Numida meleagris.

Die Rückenmarksgefässe dieser Art zeigen keine bemerkenswerten Unterschiede von denen bei Gallus; es ist nur zu erwähnen, dass die Vv. centrales häufiger als bei Gallus, aber weniger oft als bei Anas, in longitudinale dem Tractus arteriosus ventralis parallele Venen münden, die ich bei Anas Vv. medianae ventralis genannt habe.

Columba livia domestica.

Der Tractus arteriosus ventralis ist verhältnismässig dicker als bei Gallus; die Circuli, die man in seinem Verlauf beobachtet, sind länger, obwohl die sie bildenden Stämme sehr nahe bei einander liegen. Die aus ihm hervorgehenden Rr. laterales sind dick und zahlreich; sie durchziehen in gewundenem Verlauf die ventrale Fläche und verteilen sich hauptsächlich in ihrem äusseren Teil und in den lateralen Flächen bis an die Ligamenta denticulata. Die Rr. dorsales verhalten sich wie bei Gallus.

Die anderen Rückenmarksgefässe verhalten sich wie beim Huhn.

Athene noctua.

Der Tractus arteriosus ventralis ist bemerkenswert wegen seines Kalibers, er giebt viele feine Rr. laterales und Rr. dorsales ab. Diese letzteren teilen sich in der Nähe des obenerwähnten Tractus in Aa. centrales.

Die Tractus arteriosi laterales sind verhältnismässig dünner als bei Gallus und haben einen ausgeprägt wellenförmigen Verlauf; der Tractus arteriosus dorsalis fehlt.

Die Vv. ventrales sind gut entwickelt und verhalten sich wie bei Anas; die Vv. ventro-laterales sind dagegen sehr dünn oder fehlen. Eine grosse Menge Blut wird von den Vv.

medianae dorsales gesammelt, dieselben sind dicker und regelmässiger als bei Gallus, wiewohl sie auch beim Käutzchen keinen wirklichen Tractus bilden; die Vv. laterales sind dagegen weniger entwickelt als bei Gallus.

Astur palumbarius.

Geringe Unterschiede charakterisieren die Rückenmarksgefässe dieses Raubvogels gegenüber denen bei Athene noctua.

Es ist ziemlich selten, dass die Aa. radicales ventrales nicht vollständig sind; sie haben ein beträchtliches Kaliber. Der Tractus arteriosus ventralis verdient den Namen Arterie, wenn man sein starkes Kaliber und seine Regelmässigkeit in Betracht zieht; regelmässig sind auch die Circuli an den Mündungsstellen der Aa. radicales ventrales. Die Tractus arteriosi laterales sind ziemlich dünn aber regelmässig. Die sehr zahlreichen Aa. centrales entspringen nahe am Anfang der Fissura medullaris; selten gehen sie direkt aus dem Tractus arteriosus ventralis hervor. Die Venen und die Kapillaren sind denen des Käutzchens gleich.

Schlussfolgerungen.

Die Blutgefässe des Rückenmarks bei den Vögeln sind nach ein und demselben Typus angeordnet, welcher von Art zu Art geringe Unterschiede zeigt.

Nachdem die Aa. vertebro-medullares Äste an die Endorhachis und an das peridurale Gewebe abgegeben haben, teilen sie sich in dem periduralen Raum in zwei Äste, die A. radicalis ventralis und die A. radicalis dorsalis; diese durchziehen getrennt die Dura mater, sind auf der ventralen Fläche einem Bündel der gleichnamigen Wurzeln angelagert und bilden, nachdem sie die Medullaroberfläche erreicht haben, drei Tractus arteriosi, einen ventralen und zwei laterale.

Die Aa. radicales ventrales haben gewöhnlich grösseres Kaliber als die Aa. radicales dorsales; während die ersteren

nicht regelmässig entwickelt sind, fehlen die zweiten niemals; das Kaliber der ventralen ist im ganzen genommen immer grösser als das der dorsalen.

Der Tractus arteriosus ventralis lässt zahlreiche Rr. laterales entstehen, die sich auf der ventralen Fläche der Medulla verteilen und schliesslich in ihr Inneres eindringen, und ausserdem dicke Rr. dorsales, die sich in der centralen grauen Substanz verteilen; von den Tractus arteriosi laterales gehen zahlreiche Äste aus, die von den lateralen Flächen und den dorsalen Flächen in das Innere der Medulla eindringen.

Die Aa. centrales führen in ihrer Gesamtheit eine kleinere Menge Blut als die Aa. periphericae im ganzen führen; man kann daher behaupten, dass die zentripetalen Arterien bei den Vögeln gegenüber den zentrifugalen überwiegen; die ersteren versorgen die ganze weisse Substanz und die Enden der dorsalen und ventralen Säulen mit Blut, die zweiten vaskularisieren nur die centrale graue Substanz.

Im Innern der Nervensubstanz enden die Arterien durch Bildung von Kapillarnetzen, die dichter in der grauen als in der weissen Substanz und sehr spärlich in der Gallertsubstanz des Sinus rhomboidalis und den Lobi accessorii sind; der Reichtum dieser Netze ist daher streng an die Lebhaftigkeit der Funktion der Nervensubstanz gebunden. In der weissen Substanz (dies ist eine Bestätigung dessen, was ich eben auseinandergesetzt habe) begegnet man feinen arteriellen Ästen von kapillarer Struktur, die ohne sich weiter zu teilen in Venen übergehen.

Die Arterien der Medulla spinalis der Vögel sind „Endarterien“ im Sinne Conheims; es kommt noch hinzu, dass sie niemals, bevor sie in die Nervensubstanz eindringen, Kapillaren bilden, woraus hervorgeht, dass das von ihnen geführte Blut vollständig zur Ernährung des Nervengewebes verwendet wird.

Die Venen, die aus den Kapillarnetzen der Medulla entspringen, sind zum grössten Teil zentrifugal, da sie an der Peripherie dieses Organs ausmünden, und zum kleineren Teil zentripetal, d. h. sie sammeln sich am Grunde der Fissura me-

dullaris. Sie sammeln sich an der Rückenmarksoberfläche in 6 Gruppen longitudinaler Venen, es sind dies die Vv. medianae ventrales, die beiden Systeme der Vv. ventro-laterales, das System der Vv. medianae dorsales und die beiden Systeme der Vv. laterales. Die drei ersten Gruppen gehören der ventralen Hälfte an, die anderen Gruppen der dorsalen Hälfte. Es trifft selten zu, dass alle diese 6 Gruppen gleichzeitig gut entwickelt sind; meistens besteht in der ventralen oder in der dorsalen Hälfte ein umgekehrtes Verhältnis zwischen der Entwickelung der unpaaren und paarigen Gruppen.

Der kleinere Teil der Venen nimmt die ventrale Fläche, der grössere Teil die dorsale ein.

Aus den Systemen longitudinaler Venen jeder Rückenmarkshälfte gehen die entsprechenden Vv. radicales ventrales und Vv. radicales dorsales hervor; im ganzen genommen sind diese letzteren die wichtigsten; sie verschmelzen im periduralen Raum miteinander zur Bildung des Ursprungs der Vv. vertebro-medullares.

Hat man auf diese Weise die Hauptcharaktere der Blutgefässe der Medulla bei den Vögeln kennen gelernt, so findet man, wenn man sie jetzt mit denen der Reptilien vergleicht, wenigstens in den allgemeinen Zügen eine grosse Ähnlichkeit zwischen ihnen und denen der Chelonia und des Alligator mississippiensis. Denn auch bei diesen hat ausser dem System der Aa. radicales ventrales, das durch die Aa. centrales aus den Rr. dorsales Tractus arteriosi ventralis einen grossen Teil der grauen Substanz mit Blut versorgt, auch das System der Aa. radicales dorsales, das durch die Tractus arteriosi laterales zahlreiche Aa. periphericae ausschickt, grosse Bedeutung; auch bei diesen Reptilien lässt der Tractus arteriosus ventralis Rr. laterales entstehen, die schliesslich zu Aa. periphericae werden; die Arterien sind Endäste im Sinne Conheims und bilden Kapillarnetze die in der grauen Substanz dichter sind als in der weissen; schliesslich entstehen die Venen zum Teil am Grunde der Fissura medullaris (Vv. centrales), zum Teil ent-

springen sie an der Peripherie des Rückenmarks (Vv. periphericae).

Prüft man jedoch die Einzelheiten, so findet man, dass die Ausbildung der Rückenmarksgefässe der Vögel im Vergleich mit denen der Chelonia und des Alligators um so höher wird, je vollkommener die Struktur der Medulla ist.

Die Aa. vertebro-medullares enden in den Aa. radicales ventrales und dorsales und diese Teilung vollzieht sich wie bei den Reptilien im periduralen Raum; dies ist eine Thatsache von grosser Bedeutung, weil sie in enger Beziehung zu der Entwickelung der Meningen steht, die, wie ich seinerzeit gezeigt habe, von einer einzigen Meninx primitiva stammen. Während die Aa. radicales ventrales der Reptilien, und daher auch der Chelonia und des Alligators in ihrer Gesamtheit ein bei weitem grösseres Kaliber als das der Aa. radicales dorsales zeigen, ist dieser Unterschied des Kalibers bei den Vögeln viel weniger bemerkbar; doch nimmt die ventrale Fläche der Medulla immer eine grössere Menge Blut auf als jede der anderen Flächen für sich allein genommen. Schliesslich münden bei den Schildkröten und dem Alligator die Aa. radicales ventrales alle in den Tractus arteriosus ventralis, während sie bei den Vögeln, bevor sie enden, einige Äste an die Meninx secundaria abgeben.

Der Tractus arteriosus ventralis der Chelonia und des Alligators lässt fast ausschliesslich Rr. dorsales aus sich hervorgehen, während bei den Vögeln neben dicken Rr. dorsales auch zahlreiche Rr. laterales entstehen, die ein Netz an der ventralen Fläche der Medulla bilden und manchmal sich zur Bildung von Tractus secundarii vereinigen; von den Rr. laterales sowie von den Tractus secundarii gehen Aa. periphericae aus, die sich in das Innere der Medulla hineinbegeben. Auch die Tractus arteriosi laterales enden in Aa. periphericae, die ausser von den lateralen Flächen auch von der dorsalen her eindringen. Bei den Vögeln überwiegen deshalb diese Arterien durch Zahl und Wichtigkeit über diejenigen der Chelonia und des Alligators.

Die Aa. centrales führen, wegen des kleineren Kalibers des Tractus arteriosus ventralis und des Vorhandenseins von Rr. laterales in diesem Tractus der Medulla, eine kleinere Menge Blut als bei den Chelonia und dem Alligator; wenn man nun diese Thatsache mit der grösseren Zahl der Aa. periphericae, die bei den Vögeln nachgewiesen ist, zusammenhält, so kann man daraus schliessen, dass bei den Vögeln die centripetalen Arterien grössere Wichtigkeit für die Ernährung des Rückenmarks haben, als die centrifugalen; das steht im Gegensatz zu dem, was man bei den ebengenannten Reptilien beobachtet.

Bei den Chelonia und dem Alligator teilen sich die Rr. dorsales Tractus arteriosi ventralis, bevor sie den Grund der Fissura medullaris berühren, in zwei oder drei Aa. centrales; diese gehen bald nach rechts bald nach links, aber immer in der Weise, dass jeder R. dorsalis sich gleichzeitig auf beide Hälften des Rückenmarks verteilt; diese Charaktere haben sich bei den Vögeln erhalten, jedoch ist die Zahl der Aa. centrales viel grösser — und deshalb die Abstände zwischen den Teilen der Medulla, in denen diese Arterien auf die Medulla gelangen — und daher die Möglichkeit von Unterschieden in der Intensität des Blutstroms kleiner als bei den Reptilien.

Die Tractus arteriosi laterales bei den Chelonia und dem Alligator lassen in Aa. periphericae endigende Äste hervorgehen, die zum grössten Teil von den lateralen Flächen eindringen; bei den Vögeln bilden sie häufig einen Tractus medianus dorsalis.

Nachdem die Aa. centrales in das Innere der Medulla eingedrungen sind, teilen sie sich bei den Reptilien in ventrale und dorsale Äste, die in die entsprechenden grauen Säulen gehen; bei den Vögeln lassen sie dagegen Rr. craniales und caudales entstehen, von denen die Kapillaren der grauen Substanz ausgehen. Das Fehlen der ventralen und dorsalen Äste bei den Vögeln ist in Beziehung zu bringen mit der vermehrten Zahl der Aa. periphericae; unter diesen machen sich durch ihre Häufigkeit diejenigen bemerkbar, welche die Enden der ven-

tralen und dorsalen grauen Säulen durchziehen; diese führen eine beträchtliche Menge des Blutes, das zur Ernährung dieser Säulen notwendig ist, den Aa. centrales aber ist die Aufgabe vorbehalten nur deren Basis zu ernähren. Das Vorhandensein longitudinaler Arterien im Innern der Nervensubstanz ist eine Eigentümlichkeit, welche die Aa. centrales der Vögel auf eine höhere Stufe stellt als die der Reptilien, da auf diese Weise die Ungleichheit in der Intensität der Blutversorgung, welche in den zwischen den einzelnen Aa. centrales vorhandenen Zwischenräumen besteht, sich weit weniger fühlbar macht.

Auch die Verteilung der Kapillaren — wenn sie auch im Grunde genommen ähnlich der der Chelonia und des Alligators ist — unterscheidet sich doch von dieser dadurch, dass die Maschen der Netze kleiner sind, besonders diejenigen der grauen Substanz und ferner dadurch, dass diese Maschen auch in dieser Substanz eine gewisse Tendenz zeigen sich in der Richtung der Achse der Medulla zu verlängern.

Während endlich bei den Chelonia und dem Alligator die Vv. centrales ungefähr die Hälfte des Blutes, welches in die Medulla eingedrungen ist, abführen, haben sie bei den Vögeln nur geringe Wichtigkeit und der grösste Teil des Blutes wird von den Vv. periphericae gesammelt, so dass man auch bei den Vögeln eine enge Beziehung zwischen den Arterien und Venen beobachtet.

Nachdem die Vv. centrales und die Vv. periphericae die Oberfläche des Rückenmarks erreicht haben, werden sie von longitudinalen Stämmen aufgenommen, die jedoch keine echten Tractus venosi bilden. Diese Venen bilden bei Chelonia und Alligator drei Systeme, ein unpaares ventrales und zwei paarige laterale; bei den Vögeln ist die Zahl dieser Systeme sehr gewachsen; man zählt deren 6, zwei unpaare und vier paarige. Unter den unpaaren Systemen haben sich die Vv. medianae ventrales erhalten, aber sie sind ziemlich reduziert im Kaliber, obwohl sie ausser den Vv. centrales auch die benachbarten Vv. periphericae aufnehmen; dagegen ist bei den Vögeln ein neues System, die Vv. medianae

stand anzustellen; aber man überwindet diese Schwierigkeit dorsales aufgetreten, welche die am meisten entwickelten unter den oberflächlichen Venen sind; von dieser Venenreihe findet man bereits die ersten Andeutungen bei den Chelonia. Unter den paarigen Systemen sind die Vv. laterales den Vögeln, den Chelonia und den Alligatoren gemeinsam; bei diesen letzteren sind sie am meisten entwickelt und das ist natürlich, da bei ihnen die Vv. medianae dorsales fehlen; die Vv. ventro-laterales sind den Vögeln eigentümlich.

Das Vorkommen einer grösseren Zahl longitudinaler Venen in der Meninx secundaria der Vögel ist mit der grösseren Zahl der Vv. periphericae in Beziehung zu bringen.

Alle Modifikationen in dem Verhalten der medullaren Blutgefässe der Vögel im Vergleich zu denen der Chelonia und Alligatoren stehen daher mit den beiden folgenden fundamentalen Thatsachen in Zusammenhang: bei den Vögeln herrscht das Bestreben die Metamerie der Aa. und der Vv. radicales und den segmentären Charakter der Aa. centrales weniger fühlbar zu machen; ferner haben die centripetalen Arterien gegenüber den zentrifugalen eine grössere Wichtigkeit für die Ernährung der Medulla bekommen.

Kapitel VI.

Mammalia.

Die Gefässe des Rückenmarks der Säugetiere sind ziemlich wenig bekannt, mit Ausnahme der des Menschen, über dessen Medullargefässe es sehr ausgedehnte und — was mehr zählt — sehr exakte Angaben giebt. Bei den anderen Ordnungen kennt man nur die Hauptgefässe der Medulla spinalis, die durch die gewöhnlichen Injektionen zur Anschauung gebracht werden können, wenn man vom Kaninchen und dem Hund absieht, deren Rückenmarksgefässe von Hoche untersucht worden sind. Vielleicht hat die Schwierigkeit die Kapillaren der Medulla bei Tieren von grossem Umfang zu injizieren die Anatomen abgehalten, Untersuchungen über einen so interessanten Gegen-

leicht, wenn man statt Totalinjektionen zu machen partielle Injektionen des Rückenmarks für sich vornimmt. Auf diese Weise ist es mir gelungen, thatsächlich ohne jede Schwierigkeit, die Kapillaren der Medulla beim Pferd, beim Esel, beim Ochsen, etc. zu füllen. Ich öffnete den Wirbelkanal von der dorsalen Seite her, indem ich darauf achtete die Dura mater nicht zu verletzen, zog unter jeder Nervenwurzel eine Schlinge durch und band sie so nahe an den Intervertebralöffnungen als es mir möglich war, fest zu; darauf schnitt ich die Wurzeln nach aussen von der Schlinge durch und zog die Medulla mit ihren Meningen aus dem Wirbelkanal heraus. Alsdann zerteilte ich sie in Stücke von 25—30 cm Länge und unterband sie mit zwei Schlingen, die ich um die Dura mater nahe an den Enden der Stücke legte; ich suchte zwischen den Wurzelfasern entweder eine A. radicalis oder eine V. radicalis, je nachdem ich die Injektion der Arterien oder der Venen wünschte, führte eine dünne Kanüle ein, und liess die Masse mittelst einer gewöhnlichen Spritze mit Schraubengang wegen der Feinheit der Gefässwände, besonders der venösen mit äusserster Langsamkeit langsam eindringen. Zur Injektion bediente ich mich vorzugsweise kaltflüssiger Masse.

Die grossen Unterschiede, welche die Gefässverteilung im Rückenmark bei dem grössten Teil der Ordnungen, aus denen die bis jetzt untersuchten Klassen zusammengesetzt sind, charakterisieren, fehlen bei den Säugetieren, da sich bei ihnen die Blutgefässe in wesentlich gleicher Weise verteilen; deshalb werde ich um unnütze Wiederholungen zu vermeiden und um so kurz als möglich zu sein, nur die Gefässe im Rückenmark der Perissodactyla näher beschreiben, welche die von mir zuerst untersuchte Ordnung bilden; bei den anderen Ordnungen werde ich mich dagegen hauptsächlich bei den Unterschieden aufhalten, durch die ihre Rückenmarksgefässe sich von denen dieser Wirbeltiere unterscheiden. Soweit es mir möglich war, habe ich in meinen Beschreibungen die Benennungen angewendet, die von Kadyi bei der Beschreibung der Rückenmarksgefässe des Menschen gebraucht wurden.

§ I.

Perissodactyla.

In den Lehrbüchern der Veterinär-Anatomie finden sich nur wenige Andeutungen über die Rückenmarksgefässe des Pferdes.

Müller (S. 616) erwähnt die A. spinalis anterior, die längs der ventralen Medianlinie der Medulla verläuft, kleine Äste abgiebt und kranialwärts durch Verschmelzung zweier kaudaler von den R. anteriores der A. occipitalis stammender Äste entsteht. Er nennt auch (S. 723) eine ansehnliche V. mediana spinalis posterior und eine dünne V. mediana spinalis anterior und bemerkt, dass nahe am Centralkanal der Medulla sich sehr kleine Venen (Vv. centrales) fänden, und auch kleine Venen (Vv. laterales) zwischen den ventralen und dorsalen Nervenwurzeln verliefen.

Chauveau und Arloing (S. 663 und S. 693), Ellenberger und Baum (S. 608 und S. 748), Hofmann (1900 S. 293 und 1901 S. 279) fügen diesen kurzen Angaben nichts hinzu.

Ich habe die Rückenmarksgefässe bei Equus caballus L. und bei Equus asinus L. studiert; da sich keine bemerkenswerten Unterschiede zwischen den beiden Arten zeigen, beschränke ich mich darauf, die des Pferdes zu beschreiben.

Equus caballus.

Arteriae piae matris. — Arteriae radicales. — Die Aa. vertebro-medullares teilen sich, sobald sie in den Wirbelkanal eingedrungen sind, und nachdem sie Äste an die Endorhachis und an das peridurale Fett abgegeben haben, in zwei Äste, einen ventralen, A. radicalis ventralis, und einen dorsalen, A. radicalis dorsalis.

Die im allgemeinen sehr dünnen Aa. radicales ventrales (ihr Durchmesser beträgt 0,30—0,50 mm) treten durch die Dura mater entweder durch dasselbe Loch, welches einem

Bündel der ventralen Wurzeln zum Durchtritt dient, oder durch eine besondere Öffnung, die medial oder längs der Linie liegt, in der die Bündel der ventralen Wurzeln austreten.

Bei ihrem Durchgang durch das peridurale Fett und die Dura mater schicken sie feine Ästchen in diese Teile hinein.

Einige von ihnen teilen sich ihrerseits, bevor sie die Dura mater durchziehen, in zwei oder drei Äste, von denen jeder in den intraduralen Raum in Begleitung eines der Bündel der entsprechenden Wurzel eindringt; gewöhnlich dringt in diesem Fall ein Ast zusammen mit einem mehr kranialen Bündel — und ein anderer zusammen mit einem mehr kaudalen Bündel dieser Wurzel ein.

Die Aa. radicales ventrales breiten sich längs des ganzen Rückenmarks aus. Diejenigen, welche die Nervi sacrales und coccygeï begleiten, vollführen einen langen Weg, der wie bei den Nerven in einen intraduralen und einen extraduralen Teil getrennt werden kann; letzterer ist der längere.

Nachdem die Aa. radicales ventrales durch die Dura mater hindurch getreten sind, durchziehen sie in schrägem Verlauf ventralwärts die Arachnoidea und den intrarachnoidalen Raum, wobei sie sich der ventralen Fläche des Nervenbündels, das sie begleiten, anlagern, durchziehen dann in mehr oder weniger schrägem Verlauf die ventrale Fläche der Medulla und enden in der Nähe der Medianlinie, indem sie sich in den Tractus arteriosus ventralis ergiessen (Taf. II, Fig. 5, A. r. v.). Auf der Pia mater sind sie im Stratum parapiale des interarachnoidalen Gewebes gelegen; deshalb bleiben sie leicht beim Wegnehmen der Arachnoidea mittelst der intrarachnoidalen Bälkchen an dieser haften. Während dieses ihres Durchgangs schicken sie in den Halsteil zwei, unmittelbar ausserhalb der ventralen Wurzeln gelegene, kollaterale Äste hinein, die zur Bildung zweier, langer Anastomosenketten beitragen. Das Kaliber dieser Aa. radicales wechselt beträchtlich in den verschiedenen Teilen der Medulla; im allgemeinen kann man sagen, dass sie in dem cervikalen Teil und in den Anschwellungen der Medulla mehr entwickelt sind, dagegen im Conus terminalis äusserst dünn sind.

Manchmal fehlen sie und zwar meistens auf einer Seite; sie sind nicht symmetrisch.

In die Nähe der Medianlinie gelangt, teilen sie sich meistens in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die sich mit gleichen Ästen der A. radicalis der entgegengesetzten Seite vereinigen, um den Tractus arteriosus ventralis zu bilden, der auf diese Weise den Aa. radicales ventrales entsprechend eine Masche bildet In einigen seltenen Fällen mündet die A. radicalis ventralis direkt in den Tractus arter. ventralis; ein anderes Mal teilt sie sich in zwei Äste, die direkt in diesen Tractus münden; manchmal endlich teilen sie sich nochmals, bevor sie in diesen Tractus münden. Unter den Aa. radicales ventrales fallen durch ihr beträchtliches Kaliber besonders diejenigen in die Augen, die durch das Foramen alare des Atlas in den Wirbelkanal eindringen; in den veterinär-anatomischen Abhandlungen sind sie als Aa. cerebro-spinales, die von dem R. occipitalis der A. occipitalis stammen, bezeichnet (Taf. II, Fig. 5, A. r. v. I). Hofmann (1900, S. 293) nennt sie dagegen Aa. nervorum spinalium I^orum^. Wenn man von ihrem Kaliber absieht, verhalten sie sich wie die anderen Aa. radicales ventrales.

Die Aa. radicales dorsales sind sehr dünn — sie messen im Mittel 0,25 mm im Durchmesser —, sie durchdringen die Dura mater zusammen mit einem Bündel der dorsalen Wurzeln und wenden sich, indem sie auf seiner ventralen Fläche hinziehen, gegen die Medulla. Manchmal durchdringen sie, gerade wie die ventralen, die Dura mater durch eine besondere Öffnung, die ventral von denjenigen der dorsalen Wurzeln oder zwischen denselben liegt; aber auch in diesem Fall lagern sie sich, sobald sie in den intrarachnoidalen Raum gelangt sind, einem der Bündel der dorsalen Wurzeln an.

Unmittelbar dorsal von den Ligamenta denticulata verlassen die Aa. radicales dorsales das Nervenbündel und legen sich auf die Medulla, wo sich jede in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen teilen, die miteinander anasto-

mosieren unter Bildung zweier Anastomosenketten (Taf. II, Fig. 6, A. r. d.).

Die Aa. radicales dorsales sind ziemlich regelmässig, man findet selten eine dorsale Wurzel ohne die entsprechende Arterie. Wie bei den Aa. ventrales, verdienen wegen ihres ansehnlichen Kalibers die ersten zwei Aa. radicales dorsales hier erwähnt zu werden; es sind dies die dorsalen Äste der Aa. cerebro-spinales. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel 1 mm, sie richten sich zuerst lateral- und ein wenig kranial-, dann dorsal- und kranialwärts, kreuzen den lateralen Rand der Lamelle, die den kranialen Teil des Ligamentum ventrale der Pia mater bildet, verlaufen zwischen den Bündeln der Wurzel des N. hypoglossus, durchdringen das entsprechende Ligamentum denticulatum, teilen sich alsdann in zwei Äste, einen dickeren kaudalen, der den Ursprung einer lateralen Anastomosenkette bildet, und einen kranialen, der sich auf der Medulla oblongata verteilt. Im Conus terminalis sind die Aa. radicales dorsales sehr dünn.

Tractus arteriosus ventralis (Taf. II, Fig. 5, T.a. v.). — Entgegen dem, was die Verfasser der veterinär-anatomischen Lehrbücher behaupten, dass nämlich die Medulla spinalis des Pferdes von einer dicken und ununterbrochenen Arterie durchzogen sei, fand ich nur einen sehr dünnen Tractus von gleichem oder wenig grösserem Kaliber als das der Aa. radicales ventrales, der vom Ligamentum ventrale der Pia mater bedeckt war. Während seines Verlaufes zeigt er zahlreiche Unterbrechungen in der Gestalt von Maschen und Circuli an den Einmündungsstellen der Aa. radicales ventrales, die hervorgebracht sind durch die obenerwähnten besonderen Modalitäten, welche man an den Endigungen dieser Arterien beobachtet. Die Maschen wechseln sehr in Form und Weite, sie sind rhombisch, wenn die Aa. radicales ventrales symmetrisch sind, im anderen Falle haben sie rhomboidale oder unregelmässige Gestalt. Statt einer einzigen Masche beobachtet man deren viele, wenn eine A. radicalis ventralis durch Teilung in mehrere Äste endigt.

Der Verlauf des Tractus arter. ventralis ist ein

wenig gebogen; das Kaliber steht nicht in enger Beziehung zu dem der Medulla.

Im cervikalen Teil (Taf. II, Fig 5) zwischen dem I. und dem III.—V. Paar der Spinalnerven ist er sehr dick — der Durchmesser beträgt 2—3 mm — wird dann plötzlich an der Mündungsstelle einer A. radicalis dünner; so reduziert setzt er sich durch das ganze Rückenmark fort. Vielleicht ist es das Vorhandensein dieses mehr entwickelten, regelmässigen Teils, was irrtümlich annehmen liess, dass die Arterie diese Eigenschaften das ganze Rückenmark entlang beibehalte.

Eine andere Vermehrung im Kaliber des Tractus arter. ventralis beobachtet man am Ende der Medulla, d. h. in der kaudalen Hälfte der Lendenanschwellung und im Conus terminalis.

Kranialwärts beginnt der Tractus arteriosus ventralis in der Ebene des Foramen occipitale magnum durch die Verschmelzung der kaudalen Äste der beiden ersten Aa. radicales ventrales, die, wie ich oben erwähnt habe, ein beträchtliches Kaliber zeigen. Diese beiden Arterien teilen sich in einer Entfernung von 2—3 mm von der ventralen Medianlinie in zwei Äste, einen dickeren kranialen und einen etwas kleineren kaudalen, die gewöhnlich auch rechts und links ein verschiedenes Kaliber haben; durch Verschmelzung des ersteren mit dem der anderen Seite entsteht die A. basilaris, der andere bildet durch Vereinigung mit dem gleichen Ast der entgegengesetzten Seite den Tractus arter. ventralis. Daher wird die Grenze zwischen diesem Tractus und der A. basilaris durch einen grossen Circulus arteriosus bezeichnet, der aus den beiden ersten Aa. radicales hervorgegangen ist (Taf. II, Fig. 5).

Kaudalwärts dehnt sich der Tractus arter. ventralis auf das Filum terminalis aus, indem allmählich sein Kaliber vermindert, bis er äusserst dünn wird.

Von dieser Arterie gehen zahlreiche Rr. laterales und dorsales aus.

Die sehr dünnen Rami laterales (Taf. II, Fig. 5, R. l.) — sie haben im Mittel einen Durchmesser von 0,2—0,3 mm — er-

scheinen an der Oberfläche der Pia mater lateralwärts vom Ligamentum ventrale. Sie entstehen in wechselnder Entfernung voneinander; die geringste Entfernung ist 3 mm, die grösste 15; im Mittel zählt man ihrer 2 auf jeden Centimeter Länge des Tractus arter. ventralis. Nach kurzem Verlauf teilen sie sich T-förmig; indem sie mit den benachbarten Ästen anastomosieren, bilden sie ein arterielles Netz, das sich über die ganze ventrale Fläche der Medulla ausdehnt.

Die Rr. dorsales sind die Aa. centrales (Taf. IV, Fig. 9, A. c.). Sie durchlaufen von vorn nach hinten das Septum medullare und liegen in der Mitte der beiden Blätter der Pia mater, die jenes bilden; die Vv. centrales sind lateralwärts von ihnen gelegen. Sie sind zum grössten Teil sehr dünn — sie messen kaum 0,10 mm im Durchmesser — die grössten erreichen einen Durchmesser von 0,20 mm. Ihre Bahn ist gebogen, und sie sind einander nicht parallel, da einige kranialwärts, andere kaudalwärts schräg verlaufen. Sie sind im Mittel 2 mm voneinander entfernt, manchmal mehr (3—4 mm), ein ander Mal weniger (0,5—1 mm); im allgemeinen zählt man ihrer 5 auf 1 Centimeter Länge des Rückenmarks. Während ihres Verlaufs schicken sie Äste aus, die in laterale, kraniale und kaudale unterschieden werden können. Die ausserordentlich dünnen lateralen Äste dringen in die ventralen Stränge und verteilen sich dort; die andern — von verschiedenem Kaliber und manchmal so dick, dass sie eine dichotomische Teilung der Aa. centrales darstellen — dringen entweder bis zum Grunde der Fissura medullaris vor und treten dann in das Rückenmark ein, oder aber (und dies ist die Regel, wenn es sich um dünne Äste handelt) sie anastomosieren mit gleichen Ästen der benachbarten Aa. centrales unter Bildung von Arkaden, von denen Ästchen ausgehen, die in die Medulla eindringen.

In dem cervikalen Teil, besonders auf der Strecke, auf welcher der Tractus arteriosus ventralis sehr dick ist, gehen die Aa. centrales nicht direkt von ihm aus, sondern lösen sich in einer Entfernung von 5—10 mm voneinander von seinen Ästen ab, die an die Ränder der Fissura medullaris gelangt, sich

T-förmig in einen kranialen und einen kaudalen Ast teilen, die häufig mit benachbarten gleichen Ästen anastomosieren. Auf diese Weise bilden sich unmittelbar dorsal vom Tractus art. ventr. zwei arterielle Anastomosenketten, die durch transversale, dorsal vom Tractus hinziehenden Äste miteinander kommunizieren. Von diesen Anastomosen gehen die Aa. centrales und die Rr. laterales aus, die sich auf der Pia mater verteilen. Solche charakteristischen Ursprungsstellen der Aa. centrales beobachtet man in sehr augenfälliger Weise am Anfang der Medulla, wo der Tractus arter. ventr. sehr oberflächlich liegt, und zwar zwischen der Fissura medullaris und der rhombischen Lamelle, die den ersten Teil des Ligamentum ventrale der Pia mater bildet; wenn man den Tractus zur Seite schiebt, was die dünnen Bälkchen, die ihn mit dieser Lamella und der Pia mater verbinden, leicht gestatten, so kann man die oben beschriebenen Anastomosen und den Ursprung der Aa. centrales sehr gut beobachten.

An den Grund der Fissura medullaris oder in dessen Nähe gelangt, biegen die Aa. centrales bald nach rechts bald nach links um, indem sie zwischen die Fasern der ventralen Stränge eindringen. Die Arterien der rechten Seite wechseln nicht immer mit denen der linken ab, da sich häufig zwei oder drei Arterien auf einer Seite und nur eine auf der anderen findet; diese Erscheinung steht in Beziehung zu dem Kaliber der Aa. centrales; die Äste sind seltener, wenn dieses grösser ist und umgekehrt. In ein und demselben durch das Ende der Fissura medullaris gelegten Frontalschnitt beobachtet man nur wenige Aa. centrales, da sie in wechselnder Entfernung vom Grunde der Fissura medullaris in das Rückenmark eindringen; die tiefsten, die auch die wenigst zahlreichen sind, verlaufen der ventralen Kommissur ventral angelagert.

Tractus arteriosi laterales (Taf. II, Fig. 6, T. a. l.). — Sie bilden zwei Anastomosenketten (ihr Durchmesser beträgt im Mittel 0,3 mm), die ventral vom Ursprung der dorsalen Nervenwurzeln und dorsal von den Ligamenta denticulata liegen und durch das Zusammenfliessen der kranialen und kaudalen Äste

der Aa. radicales dorsales gebildet werden. Im cervikalen Teil der Medulla verlaufen sie parallel dem dorsalen Rand der medullaren Wurzeln des XI. Hirnnervenpaares; in dem Lendenteil und besonders im Conus terminalis sind sie wie die Ligamenta denticulata ventralwärts verschoben, und finden sich längs der Linie, welche die ventralen $^{2}/_{3}$ mit dem dorsalen $^{1}/_{3}$ der lateralen Flächen der Medulla verbindet. Ihr Verlauf ist longitudinal, jedoch nicht vollständig geradlinig; sie zeigen häufige dorsale und ventrale Biegungen, die bald an den Teilungsstellen der Aa. radicales dorsales zu sehen sind, bald da, wo ein grösserer Ast entsteht, manchmal auch, wenn weder die eine noch die andere dieser Bedingungen erfüllt ist. Sie liegen sehr oberflächlich, da sie in dem Stratum parapiale des intrarachnoidalen Gewebes enthalten sind; deshalb lassen sie sich mit Leichtigkeit verschieben und leicht unter den anderen Gefässen der lateralen Flächen der Medulla erkennen.

Kranial nehmen sie ihren Anfang von den kaudalen Ästen der beiden ersten Aa. radicales dorsales, die, wie ich seiner Zeit angedeutet habe, sehr entwickelt sind; daher sind in dem Teil, der zwischen dem I. und II. Paar der Spinalnerven eingeschlossen ist, die arteriellen lateralen Anastomosenketten grösser. Im dorsalen Teil der Medulla sind sie so dünn, dass sie sich in dem arteriellen Netz der Pia mater schlecht unterscheiden lassen; in der oberen Hälfte des Conus terminalis erlangen sie wieder ein beträchtliches Kaliber; nach einem Verlauf von ca. 5 cm verdünnen sie sich von neuem und enden im Filum terminale, indem sie vollständig aufhören.

Von den eben beschriebenen Anastomosenketten gehen ventrale und dorsale Äste aus, die sich auf der Pia mater verteilen. Ihr Kaliber ist sehr klein (im Mittel haben sie einen Durchmesser von 0,1 mm); die ventralen sind zahlreicher, und im Mittel 1 mm voneinander entfernt; die dorsalen sind dagegen 3—5 mm voneinander entfernt. In dem cervikalen Teil und im Anfang des Conus terminalis sind diese Äste viel zahlreicher, als im dorsalen Teil; ihre Zahl steht deshalb in direkter Beziehung zu dem Kaliber der Stämme, von denen sie entspringen.

Am Anfang des Conus terminalis treten zwischen den ventralen Ästen der Tractus arteriosi laterales auf jeder Seite 4—6 Äste durch ihr ansehnliches Kaliber hervor; sie beschreiben eine kleine Kurve mit kranialwärts gerichteter Konkavität, durchziehen die lateralen Flächen der Medulla, gehen zwischen den Bündeln der ventralen Wurzeln durch und münden in den Tractus arter. ventralis; auf diese Weise bilden sie eine grosse Anastomosenbahn zwischen den drei eben erwähnten Tractus.

Verteilung der Arterien auf der Pia mater. — Die Rr. laterales des Tractus arter. ventralis und die Rr. ventrales und dorsales der Tractus arter. laterales bilden, indem sie sich verzweigen und untereinander anastomosieren, ein aus dünnen Arterien bestehendes Netz, das die ganze Medulla umgiebt. Dasselbe liegt in dem parapialen Bindegewebe nach aussen von den Venen, die zahlreich in der äusseren Schicht der Pia mater verlaufen. In diesem Netz kann man den Teil, welcher der ventralen Fläche der Medulla entspricht, denjenigen, der die lateralen Flächen bedeckt, und endlich den Teil, der auf der dorsalen Fläche ruht, unterscheiden.

Das Netz der ventralen Fläche (Taf. II, Fig. 5) wird ausschliesslich von lateralen Ästen des Tractus arter. ventralis gebildet, die nach kurzem Verlauf (im Mittel 1 mm) sich meistens T-förmig teilen; die so entstandenen Ästchen anastomosieren mit den benachbarten; von diesen Anastomosen gehen neue Ästchen aus, die sich ebenso verhalten, und auf diese Weise bildet sich ein Netz mit polygonalen Maschen, die in der Achse der Medulla verlängert sind. Die Gestalt und Weite dieser Maschen ist wechselnd, da neben ziemlich kleinen Maschen sich andere finden, die 5—6 mal grösser sind; im Mittel kann man festhalten, dass ihre Längsachse 5 mm und die Querachse 3 mm beträgt.

Im cervikalen Teil verhalten sich die dickeren lateralen Äste des Tractus arter. ventralis verschieden von den dünneren. Die ersteren teilen sich in grösserem Abstand vom Tractus als im übrigen Rückenmark, d. h. an den Sulci

laterales ventrales; die Anastomosen zwischen den aus dieser Teilung stammenden Ästchen bilden zwei dünne arterielle Ketten, eine auf jeder Seite, die unmittelbar lateral von dem Ursprung der ventralen Wurzeln und ventral von den Ligamenta denticulata verlaufen.

Dünne Äste, die sich, wie ich oben erwähnt habe, von den Aa. radicales ablösen, sobald diese die Pia mater erreichen, tragen zur Bildung dieser Anastomosenketten bei, die, wie beim Menschen, Tractus arteriosi ventro-laterales genannt werden könnten (Taf. II, Fig. 5, T. a. vl.). Von ihnen gehen zahlreiche laterale und mediale Äste aus; diese letzteren beginnen nach kurzem Verlauf auf der ventralen Fläche sich zu verzweigen und bilden durch Anastomose mit den dünneren Rr. laterales des Tractus arter. ventr. oder mit Ästchen, die durch Teilung dieser lateralen Äste entstanden sind, das Netz der ventralen Fläche, das in diesem Teil weitere Maschen als im übrigen Rückenmark hat. Die lateralen Äste der eben beschriebenen Anastomosenkette beteiligen sich an der Bildung des Netzes der lateralen Flächen.

Im Conus terminalis ist das Netz der ventralen Fläche dichter als im übrigen Rückenmark.

Das arterielle Netz der lateralen Flächen (Taf. II, Fig. 5 und 6) wird zum Teil von den ventralen Ästen der Tractus arteriosi laterales und zum Teil durch das Übergreifen des Netzes der ventralen Fläche auf die lateralen Flächen und daher von den lateralen Ästen des Tractus art. ventralis gebildet. Im cervikalen Teil ist es dagegen zum Teil aus den dorsalen Ästen der Tractus arteriosi ventro-laterales entstanden. Es unterscheidet sich von dem Netz der ventralen Fläche dadurch, dass es viel dichter ist. Im Conus terminalis sind seine Maschen am dichtesten, aber nur im mittleren Drittel der lateralen Flächen, d. h. in der Nähe der Tractus laterales.

Endlich wird das arterielle Netz der dorsalen Fläche (Taf. II, Fig. 6) ausschliesslich von den dorsalen Ästen der Tractus arteriosi laterales gebildet; seine Maschen sind denen der

ventralen Fläche gleich. Längs der dorsalen Medianlinie greift das Netz der einen Hälfte der dorsalen Fläche über auf die andere Hälfte, indem es zwischen der Pia mater und der Vene, die in dieser Linie verläuft und die ich seinerzeit beschreiben werde, hindurchgeht; auf diese Weise entstehen Anastomosen zwischen den beiden Tractus arteriosi laterales.

Von dem arteriellen Netz, welches die ganze Pia mater durchzieht, lösen sich zahlreiche Äste ab, die direkt oder nach verschiedenem Verlauf und oft nach Teilung in kleinere Äste in das Innere der Medulla unter Bildung der Aa. periphericae eindringen.

Gefässe der Nervensubstanz. — Man kann die Gefässe, die von den Aa. centrales stammen, und die, welche von den Aa. periphericae herkommen, getrennt untersuchen; es handelt sich jedoch nicht um abgeschlossene Systeme, sondern sie kommunizieren reichlich untereinander.

Die Aa. centrales (Taf. IV, Fig. 9, A. c.) verlaufen lateral, unmittelbar vor der ventralen Kommissur und teilen sich nach kurzem Verlauf an die ventralen Säulen gelangt, in zwei Äste — einen ventralen grösseren und einen dorsalen —, die sich gegen die Spitze der entsprechenden ventralen und dorsalen Säulen wenden, ohne sie jedoch zu erreichen, da sie sich ungefähr in der Mitte der ventralen Säulen und an der Basis der dorsalen verlieren. Die kleinsten unter den Aa. centrales teilen sich nur in diese beiden Äste; die grösseren geben ausser diesen beiden Ästen noch zwei andere ab, — einen kranialen und einen kaudalen — die nach wechselndem Verlauf aufhören, und zwei an den Seiten und ein wenig ventral vom Centralkanal gelegene Reihen bilden, die in den Frontalschnitten gut erkennbar sind. Übrigens zeigen nicht alle Aa. centrales einen Verlauf, wie ich ihn eben beschrieben habe, da viele von ihnen, statt rechts und links nach dem Grunde der Fissura medullaris umzubiegen, an der ventralen Fläche der Kommissur in wechselndem Abstand vom Grunde der Kommissur in die ventralen Stränge eindringen und die ventralen Säulen direkt erreichen.

Die eben beschriebenen Arterien teilen sich in der grauen Substanz in kleinere Arterien, die in Kapillaren enden, welche ein in der centralen Gallertsubstanz und an der Basis der ventralen und dorsalen Säulen gelegenes, äusserst dichtes Geflecht bilden.

Die Aa. periphericae (Taf. IV, Fig. 9, A. p.) führen im ganzen genommen dem Rückenmark eine unvergleichlich grössere Menge Blut zu als die Aa. centrales. Sie durchziehen in radiärem Verlauf die weisse Substanz, wobei sie Äste an diese abgeben, aus denen Kapillaren entstehen, die durch Anastomosen mit benachbarten Kapillaren ein Netz bilden; die kleineren unter diesen Arterien verlieren sich auf diese Weise in der weissen Substanz, die grösseren erreichen die graue Substanz und enden dort, indem sie zur Bildung des obenerwähnten Geflechts beitragen. Der Verlauf dieser Arterien ist im allgemeinen geradlinig, einige sind, jedoch gewellt oder spiralisch, und meistens bemerkt man, dass die Biegungen in dem periphereren Teil der Arterie gelegen sind. Die meisten dringen von den lateralen Flächen der Medulla ein, die wenigsten von der ventralen; es besteht daher eine enge Beziehung zwischen dem Reichtum des arteriellen Netzes der Pia mater und der Zahl der Aa. periphericae.

Diese Arterien sind ausserdem häufig längs den Furchen der Rückenmarksoberfläche vorhanden, so dass sie sich von den anderen — den Arterien der Sulci laterales ventrales, denen der Sulci laterales dorsales, den Aa. des Sulcus medianus dorsalis und denen der Sulci intermedii — unterscheiden lassen. Unter diesen Gruppen der Aa. periphericae verdienen die der Sulci ventro-laterales und dorso-laterales hervorgehoben zu werden, da die Arterien, die sie bilden, sehr zahlreich sind, nicht in einer Reihe liegen, und durch die Spitze der grauen Säulen eindringen, indem sie an der Bildung des Kapillargeflechts, das zu erwähnen ich schon mehrmals Gelegenheit hatte, teilnehmen.

Die Kapillaren der grauen Substanz bilden ein bei weitem komplizierteres dichteres Netz, als die der weissen Substanz. In

transversalen oder sagittalen Schnitten des Rückenmarks kann man nicht gleichzeitig viele vollständige Maschen dieses Netzes beobachten, da sie in sehr verschiedener Weise gewunden sind; die Kapillaren, die eine einzige Masche bilden, sind gewellt und in sehr komplizierter Weise um sich selbst gewunden. Der Durchmesser dieser Kapillaren beträgt im Mittel 0,07 mm; er ist an dem Kopfe der ventralen Säulen, wo das Geflecht dichter ist, etwas kleiner.

Das Netz der weissen Substanz wird von weiten Maschen gebildet, die im Sinne der Medullarachse verlängert sind; die Kapillaren, die es zusammensetzen, haben grösseres Kaliber als das der Kapillaren der grauen Substanz (ihr Durchmesser beträgt im Mittel 0,08 mm). Da die weisse Substanz von den Aa. periphericae und zahlreichen Venen durchzogen ist, tragen viele von ihnen oder von ihren Ästen zur Maschenbildung des eben beschriebenen Netzes bei.

Die Kapillarnetze der grauen und der weissen Substanz kommunizieren untereinander und gehen ineinander über. Von ihnen gehen Venen aus, von denen einige durch die Fissura medullaris austreten, während andere sich an der Oberfläche der Medulla sammeln.

Die Venen der Fissura medullaris oder Vv. centrales (Taf. IV, Fig. 9, V. c.) sind weniger zahlreich als die gleichnamigen Arterien und entstehen aus den Kapillaren der centralen gelatinösen Substanz und der Basis der grauen Substanz. Diese sammeln sich lateral und ein wenig ventral vom Centralkanal in dicke longitudinale Stämme, von denen einer hinter dem anderen liegt; so werden zwei parallele Reihen gebildet, die unmittelbar dorsal von den Reihen liegen, die von den longitudinalen Ästen der Aa. centrales gebildet werden. Indem sie sich zu zwei und zwei vereinigen, lassen diese Stämme die Vv. centrales hervorgehen. Sie haben einen leicht gewellten Verlauf; in Anbetracht ihres bedeutenden Kalibers lassen sie sich auch in Transversalschnitten der nicht injizierten Medulla gut beobachten.

In die Fissura medullaris münden auch Venen, die von den Netzen der ventralen Stränge und manchmal auch von den dorsalen Säulen herkommen; sie vereinigen sich untereinander, indem sie im Innern des Septum medullare ein Netzwerk mit weiten und unregelmässigen Maschen bilden, das sich in den dicken Venenstämmen sammelt, welche den Tractus art. ventr. begleiten.

Die Vv. periphericae (Taf. IV, Fig. 9, V. p.) sind sehr zahlreich und haben gewöhnlich ein grösseres Kaliber als die gleichnamigen Arterien. Die grösseren unter ihnen stammen von den Kapillaren der grauen Substanz, die dünneren von denen der weissen Substanz; die ersteren nehmen auf ihrem Weg durch die weisse Substanz zahlreiche Äste auf, die aus dieser stammen. Wie bei den Arterien giebt es auch bei den Vv. periphericae Stellen, an welchen man sie in grösserer Menge antrifft. Vor allen Dingen ist unter den Flächen der Medulla die ventrale am ärmsten an solchen Venen, die dorsale am reichsten; ausserdem sind diejenigen zahlreich, welche der Bahn der Wurzelfasern (Vv. columnarum) besonders der dorsalen Wurzeln (Vv. columnarum dorsalium) folgen, und diejenigen, welche dem Verlauf der Fortsätze der Zellen, die den dorsalen Abschnitt des Centralkanals begrenzen (der von einigen fälschlicherweise für ein dorsales Bindegewebsseptum gehalten wird) folgen. Diese letzteren Venen sammeln das Blut des dorsalen Teils der centralen Gallertsubstanz, der Basis der dorsalen Säulen und zum Teil auch der dorsalen Stränge; das übrige Blut, das von dem Netz dieser Stränge stammt, wird der Oberfläche von den sehr dünnen Venen der dorsalen intermedialen Furchen zugeführt, die am Grunde dieser Furchen münden.

Venen der Pia mater. — Die Venen der Nervensubstanz sammeln sich, an die Pia mater gelangt, in dicke Stämme, von welchen das Blut in das allgemeine Venensystem durch die Vv. radicales gebracht wird. Wie man daraus ersieht, wird das arterielle Blut nur durch Passieren der im Innern der Medulla gelegenen Kapillaren venös und in der Pia mater finden sich nur Arterien oder Venen.

Die Vv. centrales und die Vv. periphericae, die im mittleren Drittel der ventralen Fläche münden, ergiessen sich in zwei oder drei longitudinale Venen (Taf. II, Fig. 5, V. m. v.), die dorsal und lateral vom Tractus arter. ventr. liegen und daher von den dünnsten lateralen Teilen des Ligamentum ventrale bedeckt werden, durch welche man sie in dem injizierten Material durchschimmern sehen kann. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel 0,5 mm; an einigen Stellen misst er 1 mm. Ihr Verlauf ist unregelmässig gebogen und auf manchen Strecken ragen sie lateral über das Ligamentum ventrale hinaus; dieser Thatsache begegnet man am häufigsten an der Stelle der grösseren Maschen des vorhin genannten Tractus. Sie sind nicht ununterbrochen längs des ganzen Rückenmarks vorhanden, vielmehr zeigen sie nicht selten Unterbrechungen, die von einem oder mehreren dünnen Ästen gebildet werden; diese Modalität beobachtet man stets in einer gewissen Entfernung von den Ursprungsstellen der abführenden Stämme dieser Venen. Diese Thatsache, zusammen mit der anderen, dass das Kaliber dieser Venen von diesen Unterbrechungen bis zum Anfang der abführenden Venen (Vv. radicales ventrales) zunimmt, zeigt sofort, dass die eben beschriebenen Vv. medianae ventrales von Anastomosen zahlreicher longitudinaler Systeme gebildet werden, die sich zwei und zwei — ein kraniales und ein kaudales — vereinigen, um die Venae efferentes entstehen zu lassen. Diese Venen bilden daher echte Tractus venosi mediani ventrales, die als Ganzes einen Plexus venosus medianus ventralis bilden (Taf. II, Fig. 5).

Die Vv. ventrales kommunizieren untereinander durch zahlreiche Äste, verschieden an Kaliber, Gestalt und Richtung, die jedoch immer dorsal vom Tractus art. ventr. hinziehen.

Ich habe oben erwähnt, wie sich in ihnen die Venen des Septum medullare und die Venen des mittleren Drittels der ventralen Fläche sammeln. Die ersteren (Taf. IV, Fig. 9) werden von Vv. centrales und dem Netz repräsentiert, das von Ästen gebildet wird, die aus der medialen Fläche der ventralen Stränge austreten, die anderen (Taf. II, Fig. 5) sind, wie alle kleineren

Venen der Pia mater, in der äusseren Schicht dieser Meninx nach innen von dem arteriellen Netze enthalten. Sie sind sehr zahlreich, und jede wird durch das Zusammenfliessen von 4—6 Ästchen gebildet, die das Blut, das von den Vv. periphericae dieses Teils der Medulla herkommt, sammeln; die der rechten Seite ergiessen sich in die rechten Vv. ventrales und die der linken in die der anderen Seite. Der Winkel, den sie bei Einmündung in diese Venen bilden, ist verschieden; wechselnd ist auch der Abstand zwischen ihnen, im Mittel kann man 5 mm annehmen. Andere dünnere Äste entstehen aus den Vv. periphericae der Medulla, die, an die Pia mater gelangt, direkt in die Vv. ventrales münden. Unter den Venen des mittleren Drittels der ventralen Fläche beobachtet man einige wenige, die durch das Zusammenfliessen von Ästen, die im lateralen Drittel der ventralen Fläche gelegen sind, entstehen. Endlich ergiessen sich manchmal auch Äste, die von den Tractus venosi ventro-laterales stammen, in die ventralen Venen.

Von den Vv. medianae ventrales gehen von Zeit zu Zeit die schon oben erwähnten abführenden Stämme aus, welche die Vv. radicales ventrales sind (Taf. II, Fig. 5, V. r. v.). Es kommt selten vor, dass eine ventrale Wurzel nicht von der entsprechenden Vene begleitet ist; in Anbetracht der grossen Ausdehnung des Ursprungs jeder ventralen Wurzel finden sich zwei Vv. radicales für jede Wurzel, von denen eine sich einem kranialen Bündel der Wurzel und die andere einem kaudalen zugesellt. Manchmal entstehen die Vv. radicales ventrales, statt direkt aus den medianen Venen hervorzugehen, aus 3—6 Stämmen, die nach verschiedenem Verlauf miteinander verschmelzen. Diese Venen sind selten symmetrisch; ihr Durchmesser variiert zwischen 1,0 mm und 1,5 mm. Sie wenden sich lateralwärts in gebogenem Verlauf, lagern sich einem Bündel der ventralen Wurzeln an, treten, indem sie ventral von ihnen hinziehen, aus dem intrarachnoidalen Raum heraus und gehen zusammen mit dem Nervenbündel oder durch eine besondere Öffnung durch die Dura mater. Einige von ihnen, die man

in der Halsregion häufiger beobachtet, durchziehen die lateralen Flächen der Medulla und sammeln sich im Tractus venosus medianus dorsalis, den ich später beschreiben werde. Während ihres Verlaufs über die Pia mater münden kleine Venen in sie, die von der ventralen Fläche dieser Meninx herkommen und im Halsteil, lateral vom Ursprung der ventralen Wurzeln, auch die Tractus venosi ventro-laterales.

Diese werden von zwei Reihen longitudinaler Venen (eine auf jeder Seite) die Begleiter der gleichnamigen arteriellen Anastomosen sind, gebildet. Nur im Halsteil gut entwickelt, finden sie sich unmittelbar lateral vom Ursprung der ventralen Wurzeln, deren Fasern sie verdecken. Sie sind häufig in ihrem Verlauf unterbrochen. In diese Tractus münden zahlreiche Ästchen, die vom lateralen Drittel der ventralen Fläche und dem ventralen der lateralen Flächen stammen; das Blut, das auf diese Weise dort gesammelt wird, ergiesst sich entweder in die Vv. radicales ventrales oder aber es wird durch dorsale Äste dem Tractus ven. medianus dorsalis zugeführt.

Dieser letztere (Taf. II, Fig. 6, T. v. md.) ist ansehnlich und liegt längs der Medianlinie der dorsalen Fläche; er setzt sich längs des ganzen Rückenmarks fort, doch ist das Kaliber und die Regelmässigkeit im Hals- und Lendenteil grösser. Er ist im parapialen Gewebe enthalten und liegt dorsal vom arteriellen Netz der Pia mater; die Bälkchen, welche ihn mit der Meninx verbinden, sind dünn, so dass sie eine gewisse Verschiebbarkeit erlauben, und bei Wegnahme der Arachnoidea bleibt er oft an dieser haften; füllt man ihn mit einer flüssigen Masse, so bildet er Schlingen, die um so deutlicher hervortreten, je grösser der Druck ist, dem man ihn unterwirft.

Von ihm nehmen dicke laterale Stämme, die Vv. radicales dorsales (Taf. II, Fig. 6, V. r. d.) ihren Ursprung, und zahlreiche kleine Äste münden in ihn. Diese letzteren sind in der äusseren Schicht der Pia mater enthalten und sammeln das Blut der Vv. periphericae, die an der dorsalen Fläche der Medulla münden, die grössten auch das Venenblut der lateralen Flächen. Unter den zuführenden Ästen des eben beschriebenen

Tractus sind die ansehnlichsten jedoch diejenigen, welche von den Tractus venosi ventro-laterales stammen, die ich bei diesen Gefässen beschrieben habe, und die, welche ihre Entstehung von den Tractus venosi laterales herleiten.

Diese letzteren Tractus (Taf. II, Fig. 6, T. v. l.) sind nur im Halsteil gut entwickelt, in der Lendenanschwellung sind sie sehr unvollkommen und im übrigen Rückenmark kaum angedeutet. Kranialwärts erstrecken sie sich auf die Medulla oblongata und liegen unmittelbar dorsal von den Ligamenta denticulata; häufig verdecken sie diese Ligamenta. Ihr Kaliber beträgt im Halsteil ungefähr 1 mm; die Richtung ist longitudinal mit kleinen Schleifen; selten finden sich Unterbrechungen in ihrem Verlauf. Sie nehmen zahlreiche ventrale, mediale und dorsale Äste auf, die durch das Zusammenfliessen der Vv. periphericae entstanden sind; unter den ventralen stammen einige von den Tractus venosi ventro-laterales. Die von den Tractus venosi laterales ausgehenden Äste ergiessen sich unregelmässig in die Vv. radicales ventrales (Taf. II, Fig. 5, T. v. l.) oder in den Tractus ven. dors.; häufig werden sie an dem Sulcus lateralis ventralis für eine Strecke longitudinal, wobei sie mit den Tractus venosi ventro-laterales verschmelzen. Von den Tractus ven. later. gehen endlich an der Stelle der Auszahnungen der Ligamenta denticulata feinste Äste aus, die den intrarachnoidalen und intraduralen Raum durchziehen, und entweder in den Venen der Dura mater oder in denjenigen des periduralen Fettgewebes endigen, da wo die Auszahnungen des Halsteils sich an die Endorhachis anheften (Taf. II, Fig. 6).

Aus dem Tractus ven. medianus dorsalis gehen endlich die Vv. radicales dorsales hervor (Taf. II, Fig. 6, V. r. d.). Sie sind unsymmetrisch und unregelmässig und zeigen ein ungleichmässiges Kaliber; die grösseren erreichen einen Durchmesser von 1 mm. An ihrer Ursprungsstelle bildet der Tractus einen Winkel, dessen Spitze sich in den Stamm der Vv. radicales fortsetzt. Sie haben welligen Verlauf; während desselben nehmen sie Äste der dorsalen Fläche des Rückenmarks

und im Halsteil dünne longitudinale Äste auf, die unmittelbar lateral vom Ursprung der dorsalen Wurzeln liegen.

Die Rückenmarksgefässe der Unpaarzeher zeigen demnach viel kompliziertere Verhältnisse als in den Lehrbüchern der Veterinär-Anatomie angegeben wird.

Unter ihnen verdienen einige Besonderheiten beobachtet zu werden, die besonderes Interesse für die Vergleiche, die sich mit den Rückenmarksgefässen der anderen Säugetiere machen lassen, haben.

Die Aa. vertebro-medullares teilen sich in Aa. radicales ausserhalb der Dura mater im periduralen Raum und durchziehen getrennt diese Membran.

Die Arterien bilden drei longitudinale Hauptsysteme, den Tractus arteriosus ventralis und die Tractus arteriosi laterales; zu ihnen gesellen sich im Halsteil die beiden Tractus arteriosi ventro-laterales. Von allen diesen Systemen und von den Aa. radicales gehen direkt zahlreiche Äste aus, die durch Anastomose ein Netz bilden, von dem die Aa. periphericae sich loslösen, die in radiärem Verlauf die Medulla durchziehen. Sie übertreffen durch Zahl und Wichtigkeit die Aa. centrales, die vom Tractus art. ventr. stammen; die Verteilung der Arterien ist daher vorwiegend von peripherem Typus.

Der Tractus ventralis ist gewöhnlich dünn und häufig durch mehr oder weniger regelmässige und vollständige Circuli oder Maschen unterbrochen; nur im Anfang des Halsteils ist er sehr stark und hat fast geradlinigen Verlauf, da er in dieser Region einige sehr beträchtliche Äste der Aa. vertebrales aufnimmt; das Blut, welches dieser verdickte Teil enthält, wird für die Ernährung des Gehirns verwendet, und hat nur wenig Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarks.

Die Aa. centrales gehen alle entweder in die rechte oder in die linke Hälfte; die dicksten unter ihnen geben ausser einem ventralen und einem dorsalen Ast auch einen kranialen

und einen kaudalen Ast ab; die letzteren können die beiden ersteren im Kaliber übertreffen.

Die Aa. centrales verteilen sich in der centralen grauen Substanz und an der Basis der ventralen und dorsalen grauen Säulen; einige ihrer seitlichen Äste dringen in die ungekreuzten Pyramidenbündel. Die Aa. periphericae versorgen die ganze weisse Substanz und die übrige graue Substanz.

Das Kapillarnetz ist sehr verwickelt in der grauen Substanz, einfacher in der weissen; in der grauen Substanz wird es von Aa. centrales und periphericae zusammen gebildet.

Die Vv. centrales entstehen aus Stämmen, die hintereinander in Reihen angeordnet sind, und lateral und ein wenig ventral vom Zentralkanal liegen.

Die Venen in der Pia mater sammeln sich in sechs longitudinalen Systemen, von denen vier, nämlich zwei paarige (Tractus venosi laterales) zwei unpaare (Plexus ventralis und Tractus dorsalis) längs des ganzen Rückenmarks gut entwickelt sind; die anderen zwei (Tractus venosi ventro-laterales), auch paarig, sind nur im Halsteil gut entwickelt. Der Plexus ventralis ist sehr ansehnlich, obwohl die Vv. centrales kein entsprechendes Kaliber haben, da er auch die peripheren Venen, die auf der ventralen Fläche der Medulla auftreten, und manchmal auch die peripheren Venen der lateralen Flächen sammelt.

§ II.

Artiodactyla.

Hofmann (1900, S. 288) hat bei Cervus elaphus eine ziemlich dicke A. nervi spinalis I (A. vertebro medullaris I) beobachtet, deren R. ventralis (A. radicalis ventralis I) in den Tractus arteriosus ventralis mündet; der R. dorsalis (A. radicalis dorsalis I) der oben erwähnten Arterie bildet den Ursprung des Tractus spinalis dorsalis (Tractus arter. lateralis). Die andern Aa. radicales sind kleiner und fehlen

häufig. Der Tractus arter. ventr. zeigt häufig Maschen in seinem Verlauf, eine von diesem an der Mündungsstelle der Aa. radic. ventr. I^{ae}. Bei Cervus capreolus, bei Capra hircus, bei Ovis aries, bei Bos taurus und bei Sus scropha (1900, S. 288—291) hat er gleiche Verhältnisse gefunden.

In Bezug auf die Venen hat Hofmann bei Capra hircus (1901, S. 275) einen Tractus venosus ventralis längs der ventralen Medianlinie und einen kleinen Tractus venosus spinalis dorsalis längs der dorsalen beobachtet. Bei Ovis aries, bei Cervus elaphus, bei Bos taurus und bei Sus scropha (1901, S. 275—276) finden sich im wesentlichen gleiche Anordnungen.

Meine Untersuchungen machte ich an Bos taurus, indem ich mich der eigentümlichen, bei den Rückenmarksgefässen des Pferdes beschriebenen Technik bediente. Um Wiederholungen zu vermeiden, beschränke ich mich darauf die kleinen Unterschiede anzudeuten, die man in dieser Beziehung zwischen dem Rinde und dem Pferde beobachtet, wobei ich bemerke, dass sich die Gefässe des Rückenmarks bei diesen beiden Arten sonst in gleicher Weise verhalten.

Unter den Aa. radicales ventrales machen sich die ersten zwei durch grösseres Kaliber bemerkbar; die anderen des Halsteils unterscheiden sich nicht durch stärkere Entwickelung von denen der übrigen Wirbelsäule, wie dies beim Pferde der Fall ist. Es folgt daraus, dass beim Rinde jenes dicke und regelmässige Segment des Tractus arteriosus ventralis fehlt, das man an den ersten Halswirbeln beobachtet.

Die Tractus arteriosi ventro-laterales sind beim Rinde nicht zu finden.

Die Gefässe der Nervensubstanz verhalten sich wie beim Pferde.

Bezüglich der Venen beschränke ich mich darauf zu erwähnen, dass die Tractus venosi laterales mehr entwickelt sind als beim Pferde, während der Tractus venosus dorsalis dünn ist und manchmal vollständig fehlt.

Für die Rückenmarksgefässe des Rindes lassen sich daher alle bei den Perissodactyla gemachten Betrachtungen wiederholen.

§ III.

Rodentia.

Wie ich in der Einleitung dieses Kapitels angedeutet habe, sind die Rückenmarksgefässe des Kaninchens unter den Nagetieren zusammen mit denen des Hundes unter den Raubtieren Gegenstand der Untersuchung von Seiten Hofmanns und Hoches gewesen.

Hofmann hat seine Untersuchungen auf die oberflächlichen Gefässe gerichtet. Was die Arterien anbetrifft, so hat er (1900 S. 273) längs der Medianlinie einen Tractus spinalis ventralis beobachtet, der an den Seiten der Aa. vertebrales mit zwei oder drei manchmal sehr langen Wurzeln beginnt und auf diese Weise einen Circulus arteriosus spinalis I bildet. Die nicht immer gut entwickelten Aa. nervorum spinalium ergiessen sich in den obenerwähnten Tractus unter Bildung kleiner Inseln an ihren Einmündungsstellen. Lateralwärts hat er zwei Tractus spinales dorsales gesehen; sowohl diese, wie der ventrale, geben kleine laterale Äste, und der zweite auch die Aa. centrales ab. Bei Lepus europaeus, bei Cavia cobaya, bei Sciurus vulgaris hat er gleiche Verhältnisse gefunden. Er unterscheidet die Venen des Rückenmarks beim Kaninchen (1901 S. 265) in basales und dorsales. Die ersteren werden von einem Tractus venosus spinalis ventralis repräsentiert, der im oberen Teil des Halsmarks doppelt ist; von diesem gehen Äste aus, welche die ventralen Wurzeln begleiten und die Venen der lateralen Flächen sammeln, die durch zwei dünne Tractus venosi spinales laterales repräsentiert werden. Auf der dorsalen Seite gibt es einen Tractus venosus spinalis dorsalis, der so dick ist wie der ventrale. Kleine Unterschiede, die ich an geeigneter Stelle hervorheben werde, charakterisieren die medullaren Venen bei Cavia cobaya und Sciurus vulgaris.

Hoche (S. 251—253) hat dagegen die Verteilung der Gefässe im Innern des Rückenmarks beim Kaninchen studiert, und gefunden, dass die Aa. centrales kleineres Kaliber als die Aa. periphericae haben und dass sie nur die centrale graue Substanz vaskularisieren; das übrige Rückenmark wird von den letzteren mit Blut versorgt. Die Aa. centrales geben selten Längsäste ab. Die grösseren Venen durchziehen die Fissura medullaris, oder treten an der Spitze der ventralen Säulen aus, oder durchlaufen die lateralen Stränge; sie haben wenig Neigung longitudinale Stämme zu bilden. Das Kapillarnetz ist in der grauen Substanz dichter als in der weissen, und ganz besonders in dem centralen Teil der grauen Substanz und in den dorsalen Säulen; es ist auch in der Mitte der lateralen Stränge, an dem Vereinigungswinkel der ventralen und dorsalen Säulen, dichter. Die longitudinalen Anastomosen zwischen den Arterien der Rückenmarksoberfläche sind weniger entwickelt als beim Hund.

Zu den Einzelheiten, die von den eben erwähnten Autoren klar gestellt worden sind, müssen noch einige andere hinzugefügt werden, die bei anderen Ordnungen mehr oder weniger entwickelte Verhältnisse repräsentieren.

Unter den Nagetieren habe ich die Rückenmarksgefässe bei Lepus cuniculus L., bei Cavia cobaya Schreb. und bei Mus decumanus Pall. untersucht.

Lepus cuniculus.

Arterien. — Aa. radicales (Taf. III, Fig. 1 und 2). — Die Aa. vertebro-medullares dringen in den Wirbelkanal, den ventralen Nervenwurzeln ventral angelagert, und teilen sich ausserhalb der Dura mater in die Aa. radicales. Das Kaliber der Aa. radicales ventrales (A. r. v.) und dorsales (A. r. d.) ist beinahe gleich; jedoch sind bald die einen, bald die anderen mehr entwickelt, so dass bald die ersten und bald die zweiten als Endigungen der Aa. vertebro-medullares angesehen werden können. Dann sind sie nicht symmetrisch; meistens fehlen die ventralen; einige der weniger entwickelten machen,

wie Hofmann richtig bemerkt, auf der Medulla Halt, kurz nachdem sie dieselbe erreicht haben. Häufig wechseln die gut entwickelten Arterien mit den weniger entwickelten ab, und ausserdem bemerkt man meistens, dass, wenn die ventrale dick ist, die entsprechende dorsale sehr dünn ist und umgekehrt. Die ventralen Arterien enden in einen Tractus arter. ventralis und die dorsalen in zwei dünne Tractus arter. laterales.

Unter den anderen Aa. vertebro-medullares treten wegen ihres ansehnlichen Kalibers die Aa. vertebrales hervor, die durch die Foramina condyloidea des Atlas in den Wirbelkanal dringen, und sich, nachdem sie die Dura mater und die Arachnoidea durchbohrt haben, in zwei Äste teilen, einen ventralen, der die A. radicalis ventralis I repräsentiert (Taf. III, Fig. 1, A. r. v. I) und einen dorsalen, der der A. radicalis dorsalis I entspricht; der ventrale Ast ist sehr dick und bildet durch Zusammenfliessen mit dem der anderen Seite die A. basilaris; bevor dies geschieht, entlässt er einen oder zwei kaudal gerichtete Äste, die den Ursprung des Tractus art. ventralis bilden; der dorsale dagegen teilt sich, wie auch Hofmann beobachtete, seinerseits nach kurzem, schräg kranial und lateral gerichteten Verlauf in einen kranialen und einen kaudalen Ast, die sich wie beim Pferde verhalten.

Tractus arteriosus ventralis (Taf. III, Fig. 1, T. a. v.). — Er ist sehr dünn und während des grössten Teils seines Verlaufs von dem Tractus venosus ventralis verdeckt. Augenscheinlich geht er aus den Anastomosen hervor, die zwischen den kranialen und kaudalen Ästen der Aa. radicales ventrales anzutreffen sind, denn man beobachtet, dass er keinen geradlinigen Verlauf hat, sondern ebensoviele winklige Biegungen zeigt, als Einmündungsstellen der Aa. radicales ventrales vorhanden sind, und dass das zugespitzte Ende der Biegungen sich in den Stamm dieser Arterien fortsetzt. Manchmal beobachtet man an diesen Biegungen eine Anastomosenstrecke, die den Lauf des Tractus fortsetzt; auf diese Weise bilden sich dreieckige Maschen. Unter diesen Maschen verdient diejenige besonderer Erwähung, die sich an der Ursprungsstelle des

Tractus (Circulus arteriosus spinalis I von Hofmann) findet (siehe Taf. III, Fig. 1). Jede der Aa. radicales ventrales I[ae] schickt ungefähr in der Mitte der ventralen Fläche der Medulla einen kaudalen Ast aus, der auch aus zwei Wurzeln entstehen kann, und kaudal und medial verläuft, bis er schliesslich mit dem kranialen Ast der A. radicalis ventralis II derselben Seite zusammenfliesst; der kaudale Ast dieser letzteren Arterie vereinigt sich nach wechselndem Verlauf mit dem der anderen Seite in der Medianlinie. Auf diese Weise bildet sich ein langes und enges Sechseck; die kranialen Seiten desselben werden von den kranialen Ästen der Aa. radicales I[ae], die der kaudalen von den kaudalen Ästen der Aa. radicales II[ae] gebildet, und die anderen beiden von den zwischen den ersteren und den zweiten bestehenden longitudinalen Anastomosen. Häufig finden sich Abweichungen von der eben beschriebenen Gestalt des Circulus arteriosus, welche die am häufigsten gefundene ist.

Vom Tractus arter. ventralis gehen zahlreiche Rr. laterales aus, die sich wie bei den bis jetzt untersuchten Säugetieren verhalten, sowie zahlreiche Aa. centrales, die durch feine Anastomosen untereinander verbunden sind und schon von Hoche beobachtet wurden.

Tractus arteriosi laterales (Taf. III, Fig. 2, T. a. l.). — Diese beiden dünnen aber ununterbrochenen Anastomosenketten verhalten sich im wesentlichen wie bei den Unpaarzehern, und deshalb beschränke ich mich darauf sie nur zu erwähnen. Ihr Kaliber ist im ganzen kleiner als das des Tractus art. ventralis.

Verteilung der Arterien auf der Pia mater. — Sie bilden ein Netz mit relativ weiteren Maschen als das der Unpaarzeher; von ihm gehen die Aa. periphericae der Nervensubstanz aus. Die Tractus ventro-laterales des Halsmarks beim Pferd fehlen beim Kaninchen vollständig — selbst in diesem Teil.

Gefässe der Nervensubstanz. — Ziemlich wenig ist der Beschreibung von Hoche, die am Anfang dieses Paragraphen

kurz zusammengefasst wurde, hinzuzufügen. Die Aa. centrales sind zahlreich aber sehr dünn; im Mittel zählt man deren 25 auf 1 cm Länge. Sie unterscheiden sich leicht von den gleichnamigen Venen, da sie direkt bis zum Grunde der Fissura medullaris gehen, wobei sie ein gleichmässiges Kaliber bewahren; meistens dringen sie in das Rückenmark ein ohne sich zu teilen, indem sie plötzlich nach rechts oder links gegen den Grund der Fissura medullaris umbiegen; häufig jedoch teilen sie sich in zwei Äste, die entweder zusammen auf derselben Seite oder einer auf der einen und der andere auf der entgegengesetzten Seite laufen. Nachdem sie die Basis der ventralen Säulen erreicht haben, verhalten sie sich wie Hoche beschreibt, d. h. sie teilen sich alsbald in Kapillaren, und nur selten findet man kraniale und kaudale Äste, die, wie beim Pferd, von zwei Reihen gebildet werden; solchen Ästen begegnet man noch am häufigsten im Halsteil.

In Bezug auf die Aa. periphericae, die Kapillarnetze der weissen und der grauen Substanz und die Venen, die von diesen Netzen stammen, beschränke ich mich darauf zu bemerken, dass sie sich in gleicher Weise wie diejenigen des Pferdes verhalten, indem ich für ausführliche Angaben auf die Beschreibung von Hoche verweise, die ich in allen Einzelheiten genau gefunden habe. Während jedoch Hoche (S. 253) angiebt, dass die Kapillaren in einer gewissen Entfernung von dem Centralkanal, der von einem „gefässlosen Ringe“ umgeben ist, aufhören, habe ich gefunden, dass sie bis sehr nahe an denselben herangehen und manchmal mit den Ependymzellen in Berührung treten. Zwischen diese Zellen gelangen die Kapillaren niemals, so dass der „gefässlose Ring“ ausschliesslich von ihnen gebildet würde.

Venen. — Wie bei den anderen Säugetieren sammeln sich die Vv. centrales in einem medianen ventralen System (Taf. III, Fig. 1, T. v. mv.), das von einer dicken Vene von gewundenem Verlauf vertreten wird, die ventral vom Tractus arter. ventralis liegt und von dem Ligamentum ventrale der Pia mater verdeckt wird. Wie Hofmann richtig bemerkt, zeigt sie häufig

in ihrem Verlauf längliche venöse Circuli, und im kranialen Teil des Halsmarks treten zwei Stämme an ihre Stelle, die zu beiden Seiten des Tractus arteriosus liegen. Das Kaliber dieser Vene ist in der Lendenanschwellung sehr beträchtlich; in diesem Abschnitt wird sie von den Ursprungsbündeln der ventralen Wurzeln, die in unmittelbarer Nähe der Medianlinie liegen, bedeckt. Von ihr gehen die Vv. radicales ventrales aus (Taf. III, Fig. 1, V. r. v.), oft aus zwei Wurzeln, die so weitere Circuli venosi bilden; sie sind selten sowohl auf der rechten wie auf der linken Seite zu sehen und in diesem Fall ist die eine mehr entwickelt als die andere; meistens sind sie nicht symmetrisch, sondern wechseln rechts und links ab; sie durchziehen die Dura mater, wobei sie der dorsalen Fläche der ventralen Wurzeln angelagert sind.

Wie bei den Perissodactyla sammeln sich die Vv. periphericae der Medulla in einem Tractus venosus dorsalis (Taf. III, Fig. 2, T. v. d.), der kranialwärts, wie Hofmann beobachtete, bald auf der einen Seite bald auf der andern in die V. nervi trigemini endigt. Sein Kaliber ist grösser als das der obenbeschriebenen V. ventralis und zeigt weniger zahlreiche Circuli venosi. Von ihm stammen die Vv. radicales dorsales (Taf. III, Fig. 2, V. r. d.). An der Stelle der Lendenanschwellung ist sein Kaliber ungefähr doppelt so gross als im übrigen Rückenmark; das Blut dieses verdickten Teils wird ausser von den drei oder vier kleinen Vv. radicales dorsales von einer dicken V. radicalis dorsalis gesammelt, die den obengenannten Stamm kranial fortzusetzen scheint und eine dorsale Wurzel der linken Seite begleitet.

Die Vv. periphericae, die auf den lateralen Flächen der Medulla zum Vorschein kommen, sammeln sich in zwei longitudinale Stämme, die nur im Halsteil gut entwickelt sind, wo sie auch Hofmann beobachtete, der ihnen den Namen Tractus venosi laterales gab; sie sind auch in der Lendenanschwellung unter den Nervenwurzeln versteckt erkennbar und hören dort in einer Schlinge auf, die zwischen zwei Wurzeln durchgeht, um im Tractus venosus dorsalis zu enden.

Cavia cobaya.

Kleine Besonderheiten unterscheiden die Rückenmarksgefässe dieser Art von denen des Kaninchens.

Die Tractus laterales könnten beim Meerschweinchen Aa. laterales genannt werden, da sie geradlinigen Verlauf und gleichförmiges Kaliber im ganzen Rückenmark haben; dies verdanken sie dem Umstand, dass die Aa. radicales dorsales durch Teilung in Form eines fast rechtwinkeligem T enden.

Das arterielle Netz der Pia mater wird von ansehnlicheren Gefässen, als die des Kaninchens sind, gebildet, aber es zeigt verhältnismässig weitere Maschen. Im Halsteil sind die Arterien dieses Netzes längs der dorsalen Medianlinie longitudinal gerichtet und bilden einen dünnen Tractus arteriosus medianus dorsalis, der in verschiedener Weise bei den verschiedenen Individuen entwickelt ist.

Wie auch Hofmann (1901, S. 267) beobachtet hat, gibt es beim Meerschweinchen keinen Tractus venosus spinalis ventralis, der so entwickelt ist wie bei dem Kaninchen; es finden sich nur dünne longitudinale Venen, die häufig untereinander anastomosieren, am Eingang der Fissura medullaris liegen und das Blut der Vv. centrales aufnehmen; im Halsteil sind sie am meisten entwickelt.

Die Vv. periphericae, die an der ventrale Fläche der Medulla münden, sammeln sich zum Teil in diesen medianen Vene, und zum grössten Teil in longitudinalen Stämmen, die an dem Sulcus lateralis ventralis liegen und in die Vv. radicales ventrales münden; diese haben ihren Ursprung von den medianen Venen.

Der grösste Teil des venösen Blutes sammelt sich im Tractus venosus dorsalis, der in der Lendenanschwellung ungefähr doppelt so grosses Kaliber hat, wie im übrigen Rückenmark; wie auch Hofmann (1901, S. 267) angiebt, verhält er sich wie der gleichnamige Tractus des Kaninchens.

Auch im Halsteil des Meerschweinchens lassen sich zwei Tractus venosi laterales erkennen, die denen des Kaninchens gleich sind.

Mus decumanus.

Bei dieser Art finden sich gleiche Verhältnisse wie beim Kaninchen; ich bemerke nur, dass sich in der Lendenanschwellung statt einer ansehnlichen ventralen Vene zwei dünne Anastomosenketten, eine auf jeder Seite des Tractus arter. ventralis, finden, und dass sich dafür in diesem Teil zwei dicke Tractus venosi laterales zeigen, deren Kaliber selbst dasjenige des Tractus venosus dorsalis übertrifft.

Beim Vergleich der Medullargefässe der Nagetiere, derjenigen der Unpaarzeher und derjenigen der Paarzeher darf man hervorheben, dass sie im wesentlichen in gleicher Weise angeordnet sind, und nur in einigen Besonderheiten sich unterscheiden.

Bei allen diesen Gefässen beobachtet man nämlich, dass die Aa. radicales ventrales eine höhere Bedeutung als die dorsales haben, — dass die Anastomosen zwischen ihren Ästen drei Hauptwege, einen medianen ventralen und zwei laterale, bilden, — dass die erstere, ausser dorsalen Ästen (Aa. centrales), zahlreiche Rr. laterales ausschickt, die nach verschiedenem Verlauf in die Nervensubstanz eindringen und zu Aa. periphericae werden, — dass diese die Aa. centrales an Bedeutung übertreffen, da sie sich in der ganzen weissen Substanz und in den ventralen und dorsalen grauen Säulen verteilen, — dass die Kapillaren dichtere Netze in der grauen als in der weissen Substanz bilden und endlich dass die peripheren Venen, die vom Rückenmark stammen, an Zahl und Kaliber diejenigen übertreffen, die sich in der Fissura medullaris sammeln.

Unter den Besonderheiten, durch die sich die Rückenmarksgefässe von denen der Unpaarzeher und der Paarzeher unterscheiden, verdienen einige erwähnt zu werden, die besondere

Bedeutung haben, weil sie die Verhältnisse bei anderen Säugetieren erklären.

Unter diesen ist vor allem hervorzuheben, dass die Aa. vertebrales, die auch als Aa. vertebro-medullares I^{ae} angesehen werden können, beträchtliche Dimensionen haben, die verhältnismässig grösser sind als bei den Unpaarzehern und Paarzehern. Wie jede andere A. vertebro-medullaris teilen sie sich in eine A. radicalis ventralis und in eine A. radicalis dorsalis, von denen die erstere wegen ihres Kalibers als die direkte Fortsetzung des Stammes angesehen werden kann. Nichtsdestoweniger führt sie nur wenig Blut dem Rückenmark zu, da die Hauptmasse für die Vaskularisation des Gehirns verwendet wird, dem sie von der A. basilaris zugeführt wird. Dagegen verteilt der dorsale Ast jeder A. vertebralis ungefähr die Hälfte seines Blutes an die Medulla spinalis. Die Endigungweise der Aa. vertebrales ist daher sehr verschieden bei den Unpaarzehern und den Nagetieren, da dieselben sich bei jenen in verschiedene Äste teilen, die durch die Intervertebrallöcher der ersten Wirbel eindringen; unter diesen ist der dickste der, welcher durch den Atlas geht; sie bilden einen ansehnlichen Stamm längs der ventralen Medianlinie der Medulla, der den Ursprung der A. basilaris darstellt. Bei den Nagetieren dagegen sind die Äste, welche die Aa. vertebrales an die Halswirbel abgeben, sehr dünn, und dienen nur der Ernährung der Medulla spinalis, während durch die Foramina condyloidea des Atlas dicke Stämme der Aa. vertebrales gehen, die sich fast vollständig im Gehirn verteilen.

Der Tractus arteriosus ventralis zeigt gleiche Eigenschaften wie derjenige der Unpaarzeher und der Paarzeher; er hat winklige Knickungen an der Einmündungsstelle der Aa. radicales ventrales und ist um so dünner in je grösserer Entfernung von diesen Mündungsstellen man ihn untersucht; diese Verhältnisse erbringen den Nachweis, dass er von den Anastomosen zwischen den Endästen der Aa. radicales ventrales gebildet wird.

Ich muss ferner erwähnen, dass beim Kaninchen die

Tractus arteriosi ventro-laterales fehlen, während sie im Halsteil der Unpaarzeher gut entwickelt sind.

Die Aa. periphericae übertreffen auch bei den Nagetieren an Zahl und Gesamtkaliber die Aa. centrales. Das Missverhältnis zwischen den einen und den anderen ist jedoch weniger gross als bei den Unpaarzehern und Paarzehern; da die Aa. centrales sehr zahlreich sind (25 auf einen Centimeter Länge) und ihr Kaliber im Vergleich zu dem des Rückenmarks nicht aussergewöhnlich klein ist, haben sie eine grössere Bedeutung für die Ernährung der Medulla, als bei den Unpaarzehern und Paarzehern.

Die Aa. centrales teilen sich seltener als bei diesen letzteren in kraniale und kaudale Äste, und ihr Verteilungsgebiet ist allein auf die centrale graue Substanz beschränkt; die Vv. centrales der Nagetiere entstehen nicht aus longitudinalen Stämmen, wie es bei den Unpaarzehern und Paarzehern zu sehen ist.

Anstatt des venösen Plexus längs der ventralen Medianlinie des Rückenmarks beim Kaninchen beobachtet man eine ansehnliche Vene, welche die Vv. centrales und die Venen der ventralen Fläche der Medulla aufnimmt; der Tractus venosus dorsalis verhält sich im wesentlichen wie beim Pferd, und ist viel dicker in der Lendenanschwellung; von den anderen longitudinalen Venen der Medulla sind bei den Nagetieren nur die lateralen Anastomosen und besonders die im Hals- und Lendenteil gut entwickelt.

§ IV.

Insectivora.

Die Kenntnisse, die wir über die Rückenmarksgefässe der Insektenfresser haben, beziehen sich nur auf die Gefässe der Pia mater; wir verdanken sie den Untersuchungen Hofmanns. Nach diesem Autor (1900, S. 269) beobachtet man bei Erinaceus europaeus und bei Talpa europaea einen ansehnlichen Tractus arteriosus spinalis ventralis, der

aus zwei oder drei Wurzeln der kaudalen Äste der Aa. vertebrales hervorgeht, manchmal von Maschen unterbrochen wird, kleine Äste an das Rückenmark abgiebt und zwei oder drei dicke Aa. radicales empfängt. In den lateralen Flächen finden sich zwei Tractus arteriosi spinales dorsales, die von einem dorsalen Ast der A. vertebralis ausgehen. Die Venen (1901, S. 259—260) bei Erinaceus werden ventral durch kleine Venenstämme, die keine fortlaufende Anastomosenkette bilden, und dorsal durch einen dicken unpaaren und medianen Tractus venosus spinalis dorsalis repräsentiert, der im Conus terminalis beginnt, metamere Äste aufnimmt, von denen viele von der ventralen Fläche herkommen, an Volumen zunimmt während er kranial verläuft und in der Nähe des Foramen jugulare in den Sinus transversus mündet; von ihm gehen manchmal dünne Äste aus, die sich den dorsalen Wurzeln zugesellen.

Ich habe die Rückenmarksgefässe bei Erinaceus europaeus L. und bei Talpa europaea L. untersucht.

Erinaceus europaeus.

Arterien. — Aa. radicales. — Von den ventralen (Taf. III, Fig. 3, A. r. v.) ist meistens nur eine einzige gut entwickelt, die in der Halsanschwellung entweder rechts oder links liegt; längs der anderen Nervenwurzeln finden sich manchmal feinste Arterienästchen, von denen einige in die A. ventralis münden, andere sich in den Wurzeln verlieren. Die Aa. radicales dorsales sind äusserst dünn; sie verlaufen den ventralen Flächen der Wurzeln angelagert und verzweigen sich an den lateralen Flächen der Medulla (Taf. III, Fig. 4).

A. medullaris ventralis (Taf. III, Fig. 3, A. m.). — Im Verhältnis zu der Länge und dem Kaliber der Medulla ist sie viel grösser als der Tractus arteriosus ventralis der anderen untersuchten Säugetiere; dies steht mit der Thatsache in Beziehung, dass sie für die arterielle Vaskularisation der Medulla fast allein sorgt, da beim Igel die Tractus

arteriosi laterales fehlen. Der transversale Durchmesser der A. ventralis beträgt im Mittel 0,30 mm. Sie beginnt kranialwärts in der kaudalen Hälfte der Medulla oblongata durch Verschmelzung der kaudalen Äste der Aa. vertebrales; von diesen giebt es zwei oder drei, die nach kurzem Verlauf zusammenfliessen. Die Arterie läuft längs des ganzen Rückenmarks, wobei sie die Lage, die sie bei den Unpaarzehern hat, beibehält, verdünnt sich im Conus terminalis und setzt sich auf das Filum terminale fort. Manchmal weicht sie ein wenig von der Medianlinie ab; sie zeigt niemals Maschen in ihrem Verlauf; sie giebt Rr. dorsales und Rr. laterales ab.

Die Rr. dorsales sind sehr dünn (die dicksten messen 0,012 mm im Durchmesser), dafür aber sind sie zahlreich (3 auf 1 mm Länge) und dringen in die Fissura medullaris ein; die zweiten, auch ziemlich dünn (der mittlere Durchmesser beträgt 0,0168 mm), enden zum Teil auf der ventralen Fläche der Medulla, zum Teil durchziehen sie in transversalem, sehr gebogenem Verlauf diese Fläche und erreichen, indem sie zwischen zwei Bündeln der ventralen Wurzeln durchgehen, die lateralen Flächen, wo sie durch Teilung in zahlreiche Äste enden; sie verteilen sich auf diesen Flächen und anastomosieren miteinander und mit den Ästen der Aa. radicales dorsales, wobei sie ein Netz bilden, das in Gestalt, Lage und Beziehungen dem der anderen Säugetiere gleicht. Man beobachtet auch ein arterielles Netz in der Pia mater, welche die ventrale Fläche bekleidet, sowie in der, welche die dorsale Fläche bedeckt.

Wie ich oben angedeutet habe, fehlen beim Igel die Tractus arteriosi laterales, und nur im kranialen Teil der lateralen Fläche der Medulla findet man eine kleine Arterie von 4—5 mm Länge, die von einem dorsalen Ast der A. vertebralis stammt; sie ist sehr gewunden und liegt mit der medullaren Wurzel des XI. Gehirnnervenpaares zusammen zwischen den Ligamenta denticulata und den dorsalen Wurzeln der ersten Spinalnerven. Von dieser kleinen Arterie lösen sich Äste ab, welche in die Netze der dorsalen Fläche und der lateralen Flächen gehen.

Gefässe der Nervensubstanz. — Sie sind viel einfacher als die der andern bis jetzt untersuchten Säugetiere.

Nachdem die Rr. dorsales A. ventralis beinahe an den Grund der Fissura medullaris gelangt sind, teilen sie sich in zwei Äste, Aa. centrales, die für gewöhnlich nicht symmetrisch sind, von denen vielmehr der eine mehr kranialwärts und der andere mehr kaudalwärts liegt. Sie versorgen die ganze graue Substanz mit Blut, indem sie ein dichtes Netz in ihr bilden, aus dem zahlreiche Venen entstehen; diese münden zum Teil in der Fissura medullaris und zum Teil an der Peripherie der Medulla; zahlreich und ziemlich regelmässig sind die, welche auf der Oberfläche längs der dorsalen Medianlinie austreten. Beim Igel fehlen die arteriellen und venösen longitudinalen Stämme der ventralen Kommissur, die man bei den andern Säugetieren antrifft, und die Vv. centrales und periphericae gehen nicht aus dem Zusammenfliessen von zwei longitudinalen Stämmen hervor.

Von der Peripherie dringen nur sehr spärliche und äusserst dünne Arterien in das Rückenmark, diese verteilen sich in der peripheren weissen Substanz, mit Ausnahme von einigen, die durch die Spitze der ventralen und dorsalen Säulen dringen.

Venen. — Auch bei Erinaceus giebt es zwei Venensysteme, ein ventrales und ein dorsales.

Das erste wird von Vv. ventrales gebildet, die im Bogen seitwärts von der A. ventralis laufen (Taf. III, Fig. 3, V. v.). In der Halsanschwellung giebt es, wie beim Kaninchen, deren zwei, eine auf jeder Seite; dagegen findet man im übrigen Rückenmark nur eine einzige bald zur rechten bald zur linken der Arterie. Zwischen den aufeinanderfolgenden Venen sind weite Anastomosen vorhanden, so dass, wenn man auch nicht von einem wirklichen Tractus sprechen kann, doch eine Anordnung vorhanden ist, die sehr nahe an einen solchen erinnert. Das Kaliber erreicht an seinen grössten Stellen das der A. ventralis. Die abführenden Äste dieser Venen sind für die mehr kranialen die V. nervi hypoglossi (Taf. III, Fig. 3, V. n. h.), für die cervikalen einige Vv. radicales ventrales (V. r. v.)

und für die übrige Medulla besondere laterale Äste; von zuführenden Ästen sind laterale und dorsale vorhanden.

Die lateralen zuführenden Äste sammeln das Blut der ventralen Fläche der Medulla, und teilen sich deshalb in rechte und linke Äste; wenn eine ventrale Vene auf jeder Seite vorhanden ist, sammelt jede das Blut der entsprechenden Hälfte der Medulla.

Die sehr zahlreichen dorsalen Rami afferentes sind die Vv. centrales, welche die Fissura medullaris durchziehen und meistens in die medialen Wänden der Vv. ventrales münden; wenn von diesen je eine auf jeder Seite ist, so münden die Vv. centrales bald in die eine bald in die andere.

Die V. n. hypoglossi sammelt das venöse Blut der Vv. ventrales der Halsanschwellung und des kranialen Teils der Medulla; meistens dient sie allein diesem Zweck, aber manchmal kommen auch einige Vv. radicales ventrales, doch immer in sehr kleiner Zahl, hinzu.

In den kaudalen zwei Drittel der Medulla wird dagegen das Blut der Vv. ventrales von Stämmen aufgenommen, welche die ganze Fläche der Medulla durchziehen und in die V. dorsalis münden (Taf. III, Fig. 3 und Fig. 4, R. c.): im Durchschnitt sind es 4–6, und auf ihrem Weg nehmen sie kleine Venen auf, welche von der Fläche, die von ihnen durchzogen wird, herkommen.

Längs der dorsalen Medianlinie der Medulla verläuft eine dicke Vene, V. dorsalis (Taf. III, Fig. 4, V. d.), die fast geradlinigen Verlauf und einen grösseren Durchmesser als die A. ventralis und die Vv. ventrales hat (im Mittel misst er 0,35 mm). Wie die A. ventralis die arterielle Hauptbahn der Medulla vorstellt, so bildet diese Vene die grösste Venenbahn. Der genauen Beschreibung, die Hofmann von ihr giebt, habe ich nur hinzuzufügen, dass sie das Blut der ganzen Medulla in den kaudalen zwei Dritteln und ferner der ganzen lateralen Flächen und der dorsalen Fläche im kranialen Drittel sammelt. Es ergiessen sich, ausser den lateralen Ästen, viele von den dorsalen Säulen und Strängen der Medulla herkommende Rr. ventrales in sie.

Talpa europaea.

Die Gefässe des Rückenmarks beim Maulwurf zeigen einige bemerkenswerte Unterschiede gegenüber denjenigen des Igels.

Arterien. — Aa. radicales. — Die Aa. radicales ventrales sind ziemlich zahlreich und gut entwickelt; im allgemeinen findet sich in den Anschwellungen des Rückenmarks je eine für jedes Wurzelpaar und im übrigen Rückenmark eine für je zwei Wurzelpaare. Sie wechseln gewöhnlich rechts und links ab. Durch ihr dickes Kaliber ist unter allen eine meistens rechts gelegene A. radicalis ventralis bemerkenswert, die sich am Anfang der Lendenanschwellung findet. Bei ihrem Weg über die ventrale Fläche geben diese Arterien keine Äste ab und münden schliesslich in spitzem kaudalwärts offenen Winkel in eine A. medullaris.

Die Aa. radicales dorsales sind sehr dünn aber äusserst regelmässig; sie enden durch Bildung von zwei kleinen Tractus arteriosi laterales, die trotz ihrer Kleinheit sich ununterbrochen längs des ganzen Rückenmarks erstrecken.

A. medullaris ventralis. — Sie entsteht kranial durch die Verschmelzung zweier Äste, die von je einer A. vertebralis herkommen, von welcher sie sich loslöst, sobald diese in den Wirbelkanal eingetreten ist. Die A. medullaris setzt sich über das ganze Rückenmark fort und hat grosse Regelmässigkeit; die Circuli arteriosi fehlen in ihrem Verlauf. Sie hat leicht gewundenen Verlauf und macht an der oben erwähnten dicken A. radicalis ventralis in der Lendenanschwellung häufig eine winkelige Biegung an der Seite dieser Arterie. Das Kaliber der A. medullaris ist in der Halsanschwellung grösser, vermindert sich bis zu der Einmündung der eben erwähnten A. radicalis, wo es plötzlich wieder ziemlich ansehnlich wird, was beweist, dass das von dieser Arterie zugeführte Blut fast ausschliesslich in die Lendenanschwellung geht.

Von der A. medullaris gehen spärliche und ausserordentlich dünne Rr. laterales, die sich auf der Pia mater verzweigen, und Rr. dorsales aus. Diese teilen sich nach sehr

kurzem Verlauf in zwei Aa. centrales, die das Septum medullare schräg gegen den Kopf gerichtet durchziehen; sie bleiben nahe beieinander und dringen, an den Grund der Fissura medullaris gelangt, bald rechts bald links in die Medulla. Ziemlich häufig dagegen entstehen die Aa. centrales direkt aus der A. medullaris.

Tractus arteriosi laterales. — Ich habe schon ihre Lage und ihre Kleinheit erwähnt. Sie beginnen kranial mit einem kleinen Ast der A. vertebralis und haben fast geradlinigen Verlauf. Von ihnen gehen Rr. dorsales, mediales und ventrales aus, die nach wechselndem Verlauf auf der Pia mater und nachdem sie sich meistens in sekundäre Äste geteilt haben, in das Rückenmark eindringen.

Gefässe der Nervensubstanz. — Sie stammen zum grössten Teil von den Aa. centrales, deren Kaliber im Verhältnis zu dem der Medulla sehr dick ist; auch ihre Zahl ist ziemlich gross, da man auf 1 cm Länge im Mittel 20 Paar zählt. In die Medulla gelangt teilen sie sich in 3—6 Hauptäste, von denen einige in die ventralen, andere in die dorsalen grauen Säulen gehen; sie behalten den kranialwärts schrägen Verlauf der Aa. centrales bei. Sie enden alle in einem demjenigen des Igels ähnlichen Kapillarnetz, von dem Venen entstehen, die sich ebenfalls wie bei diesem Säugetiere verhalten.

Ausser den Aa. centrales dringen in das Rückenmark des Maulwurfs kleine Aa. periphericae, die die Endigungen der Rr. laterales arteriae medullaris und der Rr. tractuum arter. later. repräsentieren; von diesen Arterien enden einige in der weissen Substanz, andere, die dickeren, gelangen bis an die graue Substanz und enden in dem Kapillarnetz dieser letzteren.

Die weisse Substanz wird nicht nur von den Vv. periphericae, die von den Kapillaren der grauen Substanz stammen, durchzogen, und zeigt nicht nur Kapillaren und Vorkapillaren im Sinne Kadyis, sondern wird auch von vielen kleinen Aa. periphericae durchzogen, die eine gewisse Bedeutung für die Ernährung der Nervensubstanz haben. Alle

diese Gefässe bilden zusammen ein Netz mit Maschen, die ziemlich viel grösser sind als die der grauen Substanz.

Venen. — Sie gleichen im wesentlichen denen des Igels; jedoch ist zu erwähnen, dass ventral nur eine einzige Reihe von Vv. ventrales vorhanden ist (manchmal giebt es für eine kurze Strecke zwei parallele Stämme, einen auf jeder Seite der A. medullaris) und dass sich dorsal eine V. dorsalis findet, die verhältnismässig viel weniger entwickelt ist als die des Igels.

Während sich bei den Unpaarzehern, den Paarzehern und den Nagetieren die Rückenmarksgefässe nach dem gleichen Grundplan verteilen, zeigen sie bei dem Igel Verhältnisse, die auch in ihren allgemeinen Zügen von denen der eben erwähnten Säugetiere verschieden sind.

Es sind nämlich bei ihm die Aa. vertebro-medullares klein und setzen sich direkt in die Aa. radicales fort; die Aa. radicales ventrales sind äusserst schwach entwickelt und münden in eine dicke und regelmässige A. ventralis, der Circuli oder Unterbrechungen in ihrem ganzen Verlauf fehlen; die Aa. radicales dorsales sind sehr dünn und enden durch Verzweigung, ohne Tractus laterales zu bilden. Das Blut der A. ventralis stammt zum grössten Teile von den Aa. vertebrales. Die Aa. centrales gehen, statt direkt aus der A. ventralis zu entstehen, aus Rr. dorsales dieser Arterie — wie bei den Vögeln — hervor; sie sind nicht symmetrisch, aber meistens ist eine kranial und die andere kaudal. Die Aa. centrales übertreffen an Zahl und Kaliber die Aa. periphericae und ernähren ganz allein die ganze graue Substanz und zum Teil die weisse Substanz; der Typus der centrifugalen Verteilung überwiegt daher bei weitem über den der centripetalen Verteilung. Die Vv. centrales haben ein ansehnliches Kaliber, und haben grossen Anteil an der Fortführung des Blutes aus der Medulla, obwohl die Hauptmenge von den Vv. periphericae gesammelt wird. Diese Venen gehen nicht aus der Verschmelzung longi-

tudinaler Aste hervor. Das venöse Blut wird zum grössten Teile von einer, längs der dorsalen Medianlinie gelegenen, sehr dicken Vene aufgenommen.

Beim Maulwurf beobachtet man Verhältnisse, die sich einerseits denen des Igels nähern, andererseits an die der anderen bis jetzt untersuchten Säugetiere erinnern. Das Blut, das sich in dem Rückenmark verteilt, wird nämlich, statt dass es fast ausschliesslich von den Aa. vertebrales herkommt, zum grössten Teil von den Aa. radicales geliefert, die sich längs des ganzen Rückenmarks finden. Es folgt daraus, dass wir hier statt einer dicken A. medullaris, die allmählich an Kaliber abnimmt je mehr sie sich vom Gehirn entfernt, eine Arterie finden, die wechselndes Kaliber zeigt je nach den Aa. radicales ventrales, die sie aufnimmt; auf diese Weise erhält sie einen der Charaktere des Tractus arter. ventr. der Perissodactyla, Artiodactyla und Rodentia; dieser Charakter ist jedoch niemals so ausgeprägt, wie bei diesen Säugetieren, sodass man für sie den Namen Arteria beibehalten kann. Ausserdem finden sich bei Talpa ausser den Aa. radicales ventrales auch Aa. radicales dorsales, die sehr regelmässig sind und die Tractus arter. laterales bilden; diese Verhältnisse sind denen der Perissodactyla, Artiodactyla und Rodentia gleich, jedoch ist zu bemerken, dass die eben erwähnten Tractus bei Talpa sehr klein sind und eine geringere Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarks haben, als bei den letztgenannten Säugetieren. Endlich haben beim Maulwurf die Aa. periphericae eine gewisse Bedeutung für die Ernährung der Nervensubstanz, während sie beim Igel fast gar keine für diese haben; jedoch ist zu bemerken, dass auch beim Maulwurf die Aa. centrales viel grössere Wichtigkeit in dieser Beziehung haben als die Aa. periphericae. Auch beim Igel geschieht die Ernährung der weissen Substanz nicht durch Blut, das schon in der grauen Substanz zirkuliert hat, wie dies zum Beispiel bei den Fischen und den Amphibia anura geschieht, sondern durch arterielles Blut, das von Ästen der Aa. centrales stammt.

Im Gegensatz zu dem, was Hofmann bei den Hauptge-

fässen der Pia mater beobachtet hat, kann man daher behaupten, dass die Gefässe des Rückenmarks beim Igel und beim Maulwurf verschieden sind, und dass die Verhältnisse, die sie bei diesem letzteren zeigen, ein Übergangsstadium zwischen denen der gleichen Gefässe der Perissodactyla, der Artiodactyla und der Rodentia auf der einen Seite und dem Igel auf der anderen Seite bilden.

§ 5.

Carnivora.

Bei diesen Säugetieren sind die Rückenmarksgefässe sehr genau untersucht worden, und zwar beim Hund — die oberflächlichen von Hofmann (1900, S. 281—282 und 1901, S. 270—271) und die Gefässe der Nervensubstanz von Hoche (S. 246—251).

Den Ergebnissen der Untersuchungen dieser beiden Autoren ist fast nichts neues hinzuzufügen, wenn man von dem Verteilungsmodus der Arterien auf der Pia mater und der Anordnung der Venen dieser Rückenmarkshaut absieht, die Hofmann nur im Halsteil untersucht hat.

Deshalb werde ich mich auf eine kurze Wiederholung der Forschungen dieser beiden Autoren beschränken, um mich hauptsächlich mit den Verhältnissen zu beschäftigen, die ein besonderes Interesse für die Vergleiche haben, die sich mit denen der anderen Säugetiere anstellen lassen, und die Resultate meiner Untersuchungen über die Venen und das arterielle Netz der Pia mater von Canis familiaris L. und Felis domestica L. hinzufügen.

Canis familiaris.

Arterien. — Aa. radicales (Rr. ventrales s. dorsales arteriarum nervorum spinalium von Hofmann) (Taf. III, Figg. 5 und 6). — Im Halsteil sind wegen ihres starken Kalibers die A. radicalis ventralis I und III bemerkenswert; die erste endet in einen Circulus arteriosus I von wechselnder Grösse, welcher der Grenze zwischen der A. basilaris und dem Tractus

arteriosus ventralis folgt; die zweite endet erst nach Teilung in zwei Äste, einen sehr dünnen kaudalen und einen sehr dicken kranialen, der den grössten Teil des Blutes dieser A. radicalis dem Gehirn zuführt. Im unteren Brust- und Lendenteil liegen die Aa. radicales ventrales in den interradikulären Räumen und sind rechts dicker.

Die Aa. radicales dorsales verhalten sich wie bei den Unpaarzehern.

Tractus arteriosus ventralis (Hofmann) (Taf. III, Fig. 5, T. a. v.). — Er zeigt besonders im cervikalen und dorsalen Teil äusserst zahlreiche und verschieden gestaltete Maschen; die grösste Zahl beobachtet man an der Einmündungsstelle der Aa. radicales. Im unteren Brust- und Lendenteil zeigt sich der Tractus als einzelnes Gefäss, mit gewelltem Verlauf und spärlichen und kleinen Maschen.

Es lösen sich Rr. laterales und Rr. dorsales (Aa. centrales) von ihm ab; diese sind sehr dünn und ihr Kaliber ist kleiner als das der Aa. periphericae der Medulla; am Grunde der Fissura medullaris wenden sie sich bald rechts bald links, und meistens alternieren sie; manchmal dringen sie in die ventralen Stränge, bevor sie den Grund der Fissura erreichen.

Tractus arteriosi laterales (Tractus spinales dorsales von Hofmann) (Taf. III, Fig. 6, T. a. l.). — Sie verhalten sich im wesentlichen wie bei den Unpaarzehern, sind aber verhältnismässig dicker; sie beginnen kranial am kaudalen Ast der A. radicalis dorsalis I. Sie sind nicht immer an den lateralen Flächen, sondern manchmal auch an den dorsalen zu finden, da sich die Teilung der Aa. radicales dorsales manchmal medial vom Sulcus lateralis dorsalis vollzieht.

Rete arteriosum piae matris. — Es wird von relativ kleineren Maschen, als die des Pferdes sind, gebildet; in ihm, besonders im Halsteil, sind die Tractus arteriosi ventrolaterales, die an der Ursprungsstelle der ventralen Wurzeln liegen, deutlicher vorhanden als beim Pferd.

Gefässe der Nervensubstanz. — Die in die graue Substanz eingedrungenen Aa. centrales teilen sich in zwei Äste, einen

kranialen und einen kaudalen, von denen horizontale Äste ausgehen; diese verteilen sich in der centralen grauen Substanz, in den ventralen Säulen, sowie zum Teil in den ventralen Strängen und in der ventralen Kommissur.

Die Aa. periphericae führen der Medulla die Hauptmenge des Blutes zu; diejenigen, welche von den Tractus laterales, von den von diesen gebildeten sekundären Anastomosenketten und von den dorsalen und lateralen Netzen der Pia mater stammen, versorgen die dorsalen Stränge und Säulen und die lateralen Stränge mit Blut; wegen ihres ansehnlichen Kalibers sind diejenigen bemerkenswert, welche durch die Spitze der dorsalen Säulen dringen.

Die Arterien enden in Kapillaren, die in der grauen Substanz ein dichteres Netz bilden als in der weissen Substanz; die Maschen sind longitudinal verlängert.

Hoche (S. 251) hatte um den Centralkanal einen Ring von vollständig gefässlosem Gewebe gefunden; einen gleichen Ring habe ich auch in meinen Präparaten gefunden; er wurde aber nur von den Ependymzellen gebildet, während das diese Zellen umgebende Gewebe sehr reich an Kapillaren war, gerade wie die übrige centrale gelatinöse Substanz.

Die Venen der centralen grauen Substanz sammeln sich in zwei Reihen von Vv. centrales, eine auf jeder Seite, die denen der Unpaarzeher ähnlich sind; sie sind häufig mittelst dicker Anastomosen verbunden, die dorsal vom Centralkanal hinziehen.

Unter den Vv. periphericae, die zum Teil aus dem Kapillarnetz der grauen Substanz und zum Teil aus dem der weissen Substanz hervorgehen, sind wegen ihrer grossen Beständigkeit und wegen ihres beträchtlichen Kalibers die zu erwähnen, welche am Ende der ventralen Säulen austreten; es finden sich zwei auf jeder Seite in den Rückenmarksschnitten, in denen diese Säulen die grösste Entwickelung erreichen, und eine auf jeder Seite in dem übrigen Teil. Die Vv. periphericae nehmen ihren Ursprung aus parallel zur Rückenmarksachse gelegenen Stämmen.

Venae superficiales. — Wie Hofmann (loc. cit.) angiebt, hat er nur den Halsteil der Medulla untersucht und seine Untersuchungen erlauben ihm nicht festzustellen — auch nicht für diese Partie allein — welches die als typisch zu betrachtenden Verhältnisse sind. Er hat nämlich beobachtet, dass man bald kleine und unregelmässige, manchmal durch Anastomosen verbundene Vv. ventrales (Vv. der basalen Seite des Rückenmarkes), die aber keinen fortlaufenden Tractus bilden, sieht, bald dagegen zwei wirkliche Tractus venosi spinales ventrales beobachtet, die an der Ursprungsstelle der ventralen Wurzeln oder medial von diesen liegen. An der dorsalen Fläche hat er dieselbe Verschiedenheit gefunden, da in gewissen Fällen ein doppelter Tractus venosus spinalis dorsalis vorhanden war und in anderen derselbe fehlte.

Nach meinen Untersuchungen muss man beim Hund zwei Venensysteme, ein ventrales und ein dorsales, unterscheiden; aus dem ersteren gehen die Vv. radicales ventrales, aus dem zweiten die Vv. radicales dorsales hervor.

Das System der ventralen Venen hat verschiedenes Aussehen, je nachdem man es in dem Lendenteil, dem dorsalen oder dem cervikalen Teil betrachtet. Im ersten beobachtet man längs der Medianlinie eine dorsal vom Tractus arter. ventralis gelegene, dicke V. medullaris ventralis, mit einigen Maschen in ihrem Verlauf; sie beginnt im Filum terminale, sammelt das Blut der Vv. centrales und der Vv. periphericae, die an der ventralen Fläche und an dem grössten Teil der lateralen Flächen ausmünden, und geht bis zum Anfang der Lendenanschwellung, wobei sie an Kaliber zunimmt; dann nimmt sie allmählich wieder ab, bis sie sich in den kranialen zwei Dritteln des dorsalen Teiles und im Halsteil zu einer sehr dünnen, in ihrem Verlauf oft unterbrochenen Anastomosenkette zurückbildet, die die Vv. centrales aufnimmt (Taf. III, Fig. 5, T. v. v.).

Während die V. ventralis des Lendenteils an Kaliber abnimmt, treten allmählich zwei neue Reihen venöser Anastomosen auf, eine auf jeder Seite am Sulcus lateralis ventralis gelegen,

die mit dem Namen Tractus venosi ventro-laterales bezeichnet werden können; sie werden nach und nach, je weiter sie kranialwärts kommen, ansehnlicher, und zeigen folglich das umgekehrte Verhalten wie die V. ventralis. Dicke transversale Anastomosen lassen die eine mit der anderen kommunizieren; im dorsalen Teil sammeln sie das Blut des äusseren Drittels der ventralen Fläche der Medulla und den ventralen zwei Dritteln der lateralen Flächen, in der Halsregion nehmen sie auch das des Tractus medianus auf (Taf. III, Fig. 5, T. v. vl.). Die mehr dorsal gelegenen Äste der lateralen Flächen ziehen unter den Ligamenta denticulata her.

Die Vv. radicales ventrales entstehen in dem Halsteil aus den Tractus venosi ventro-laterales (Taf. III, Fig. 5, V. r. v.), in dem dorsalen Teil aus jenen Anastomosenketten und aus der dünnen, längs der ventralen Medianlinie gelegenen Anastomosenreihe und in dem Lendenteil aus der V. ventralis.

In wesentlich gleicher Weise verhalten sich auch die Venen der dorsalen Fläche der Medulla; sie sind stets mehr entwickelt als die der ventralen Fläche.

In der Lendenanschwellung giebt es eine dicke, längs der Medianlinie gelegene V. dorsalis mit grösserem Kaliber als das der entsprechenden V. ventralis; sie beginnt wie diese letztere und endet ganz plötzlich, indem sie sich in eine V. radicalis meistens auf der rechten Seite fortsetzt. Im dorsalen Teil und in dem Halsteil fehlt die V. mediana und man bemerkt nur ein venöses Netz; in diesen Teilen entwickeln sich dagegen zwei starke Tractus venosi dorso-laterales, die an den Sulci laterales dorsales der Medulla liegen (Taf. III, Fig. 6, T. v. dl.); diese sammeln das Blut des Netzes der dorsalen Fläche und des dorsalen Drittels der lateralen Flächen, und lassen die Vv. radicales dorsales aus sich hervorgehen (Taf. III, Fig. 6, V. r. d). Diese sind in der dorsalen Region etwas unregelmässig und wechseln häufig miteinander ab; wenn eine von ihnen fehlt, bemerkt man oft, dass von dem Tractus dorso-lateralis der einen Seite sich ein medialer Ast ablöst, der die dorsale Fläche durchquert und in den Tractus der gegenüberliegenden

Seite an der Ursprungsstelle einer V. radicalis dorsalis mündet.

Felis domestica L.

Gleiche Verhältnisse wie die des Hundes hat Hofmann bei den oberflächlichen Gefässen der Katze gefunden. In Bezug auf die Arterien bemerkt er nur (1900, S. 284), dass die A. vertebromedullaris III bedeutend viel kleiner als die I ist, doch hat sie grösseres Kaliber als das der anderen ähnlichen Halsarterien. Er hat dann im Halsteil (1901, S. 272) einen Tractus venosus spinalis ventralis mit vielen Maschen in seinem Verlauf, und einen kaum erkennbaren Tractus venosus spinalis dorsalis beobachtet.

Die Gefässe der Nervensubstanz zeigen nach meinen Untersuchungen keine bemerkenswerten Unterschiede gegen die des Hundes.

Hofmann (1900, S. 282—283) hat ausserdem gefunden, dass die Arterien der Pia mater bei Canis vulpes, bei Lutra vulgaris und bei Mustela vulgaris im wesentlichen gleiche Anordnungen haben wie beim Hund.

Die Rückenmarksgefässe der Raubtiere, verglichen mit denen der anderen bis jetzt untersuchten Säugetiere zeigen sich nach dem gleichen Grundplan wie die Rückenmarksgefässe der Unpaarzeher, der Paarzeher und der Nagetiere angeordnet und weichen nur in wenigen, erwähnenswerten Besonderheiten davon ab.

Der Tractus arteriosus ventralis der Raubtiere hat noch mehr an Bedeutung für die Ernährung der Nervensubstanz verloren als bei den letztgenannten, wie die Untersuchungen von Hoche, die ich nur bestätigen kann, zeigen; in der That sind die Aa. centrales sehr dünn und dienen nur der Vaskularisation des centralen Teils der grauen Substanz und zum Teil der ventralen Säulen. Das dichte Kapillargeflecht, das sich in der ganzen grauen Substanz ausbreitet, wird zum grossen

Teil von den Aa. periphericae geliefert, die ausserdem ganz allein die Ernährung der ganzen weissen Substanz und der dorsalen Säulen besorgen. Der Typus der Blutversorgung bei den Raubtieren ist daher ein gemischter Typus, wobei das periphere System über das centrale System mehr vorherrscht, als man bei den Unpaarzehern und den Paarzehern beobachtet.

Bei den Raubtieren bemerkt man dann, dass die longitudinalen venösen und arteriellen Systeme grössere Entwickelung und Regelmässigkeit sowohl an der Oberfläche als auch im Inneren des Rückenmarks erlangen. Unter den oberflächlichen Systemen verdienen die Tractus arteriosi laterales und ventrolaterales, die ventralen und dorsalen medianen Venensysteme, die Tractus venosi ventro-laterales und dorso-laterales besondere Erwähnung; in Bezug auf die Systeme im Innern der Medulla erwähne ich die Teilung der Aa. centrales in einen kranialen und einen kaudalen Ast (welche bei den Raubtieren eine beträchtliche Regelmässigkeit erlangt, so dass die Embolie einer derselben Nekrosen von elliptischer Gestalt mit längs gerichteter grösserer Achse hervorruft), eine gleiche Teilung der Aa. periphericae, die bei den Unpaarzehern beinahe fehlt, die Regelmässigkeit der Vv. centrales, die Entstehung der Vv. periphericae durch das Zusammenfliessen longitudinaler Äste, und endlich die gleiche Anordnung der in der Richtung der Rückenmarksachse verlängerten Maschen des Kapillarnetzes.

Die Vermehrung der longitudinalen Arterien und Venen der Pia mater und die Tendenz, welche die Gefässe der Nervensubstanz haben sich in parallel der Achse der Medulla gerichtete Äste zu teilen, muss als eine notwendige Bedingung angesehen werden, damit der Blutkreislauf trotz des metameren Charakters der Aa. und Vv. vertebro-medullares sich gleichmässig vollzieht. Bei den niederen Wirbeltieren haben wir immer gesehen, dass durch das Vorhandensein longitudinaler Arterien und Venen, die in den Meningen liegen, welche die Medulla unmittelbar umgeben, diesem Nachteil gesteuert wird; bei den Säugetieren werden diese Bahnen zahlreicher, und bei den Raubtieren gesellen sich zu den oberflächlichen tieferliegende, die im Innern

der Nervensubstanz enthalten sind, und die bei den andern bis jetzt untersuchten Säugetieren entweder kaum angedeutet waren, wie bei den Unpaarzehern und den Paarzehern, oder vollständig fehlen, wie bei den Nagetieren und den Insektenfressern.

Wegen dieses Charakters lässt sich daher behaupten, dass die Blutversorgung des Rückenmarks der Raubtiere eine höhere anatomische Stufe erreicht hat als die der Unpaarzeher, Paarzeher und Nagetiere.

§ 6.

Chiroptera.

Wir besitzen keine Angaben über die Rückenmarksgefässe dieser Säugetiere; ich habe dieselben bei Rhinolophus ferrum equinum Keys. u. Blas. (Schreb.), bei Rhinolophus hippocrepis Bonap. und bei Vespertilio murinus Schreb. untersucht; ich werde die der ersteren Art in ausführlicherer Weise beschreiben.

Rhinolophus ferrum-equinum

Arterien der Pia mater. — Aa. radicales. — Die Aa. vertebro-medullares teilen sich in Aa. radicales, sobald sie in den Wirbelkanal eingetreten sind, also ausserhalb der Dura mater.

Die Aa. radicales ventrales (Taf. III, Fig. 7, A. r. v.) sind zahlreich und unregelmässig entwickelt; gewöhnlich finden sie sich nur auf einer Seite, und alternieren meistens. Ihr Kaliber wechselt bedeutend und im allgemeinen kann man sagen, dass es an den Anschwellungen der Medulla grösser ist. Auf ihrer Bahn geben sie kleine Aste ab, die sich auf der Pia mater verteilen.

Die Aa. radicales dorsales sind ziemlich regelmässig und ausserordentlich dünn: ihr Durchmesser beträgt im Mittel 0,01 mm. An die laterale Fläche der Medulla gelangt, lösen sie

sich in wenige und dünne Äste auf, die nach kurzem Verlaufe in die Nervensubstanz eindringen.

A. ventralis (Taf. III, Fig. 7, A. m.). — Sie ist dünn aber ununterbrochen und ragt nicht über die Oberfläche der Pia mater hervor, da sie im Anfang von der Fissura medullaris eingeschlossen ist und von dem Tractus venosus ventralis bedeckt wird. Sie beginnt kranial mittelst kaudaler Äste der zwei ersten Aa. radicales ventrales, welche die Endigungen der Aa. vertebrales sind und deshalb beträchtliches Kaliber haben; sie vereinigen sich auf der ventralen Medianlinie um die A. basilaris zu bilden; aber bevor dies geschieht, giebt jeder von ihnen einen oder mehrere kaudale Äste ab, die sich zur Bildung des Anfangs der A. ventralis vereinigen. Das Kaliber dieser Äste ist um so grösser je kleiner ihre Zahl ist. Zwischen der A. ventralis und der A. basilaris ist ein Circulus arteriosus eingefügt, der bald von einer einfachen rhombischen Masche, bald von mehreren Maschen von verschiedener Gestalt gebildet wird.

Von der A. ventralis gehen zahlreiche Rr. laterales und Rr. dorsales aus.

Die ersteren sind sehr dünn, sie verzweigen sich auf der ventralen Fläche der Medulla, wobei sie ein Netz bilden, das dem bei den Unpaarzehern gefundenen ähnlich ist, das aber aus äusserst dünnen Arterien besteht.

Die zweiten dringen in die Fissura medullaris ein; sie sind nicht sehr zahlreich im Verhältnis zu den Rr. dorsales der Insektenfresser oder zu den Aa. centrales der anderen Säugetiere; ihr Kaliber ist dagegen im Vergleich zu dem der Medulla beträchtlich, da sie im Mittel 0,018 mm Durchmesser haben. Kurz nach ihrem Eintritt in die Fissura medullaris, und in wechselndem Abstand von ihrem Grunde, teilen sie sich in zwei oder drei Äste, Aa. centrales, die sich in der Weise anordnen, dass sie alle in der Ebene des Septum medullare enthalten sind und sich voneinander entfernen, sobald sie sich gegen den Grund der Fissur wenden, wo sie endigen. Ferner teilen sich diese Arterien manchmal bevor sie in die Medulla eindringen.

Ich habe niemals gesehen, dass sie kollaterale Äste abgeben, die sich im Septum medullare verteilen.

Gefässe der Nervensubstanz. — Die Aa. centrales wenden sich, an den Grund der Fissura medullaris gelangt, lateralwärts, wobei sie ventral von der ventralen Kommissur verlaufen, und teilen sich dann, wie bei den Insektenfressern, in einen ventralen Ast, A. columnae ventralis und in einen dorsalen Ast, A. columnae dorsalis. Diese Teilung vollzieht sich ventral vom Centralkanal, ausgenommen im Halsteil, wo die grauen Säulen und daher auch die ebenerwähnte Teilung mehr lateralwärts verschoben sind. Die Arterien der dorsalen Säulen verdienen im Halsteil, wo die ventralen Säulen verhältnismässig enorme Ausdehnung haben, diesen Namen nicht, da auch sie sich zum grössten Teil in den ventralen Säulen und genauer ausgedrückt in deren dorsaler Hälfte verlieren; in dieser Region werden die dorsalen Säulen zum grössten Teil von Aa. periphericae, die durch ihre Spitze eindringen, mit Blut versorgt.

Die eben beschriebenen Arterien lassen ein dichtes Kapillarnetz entstehen, das die ganze graue Substanz einnimmt und sich auch auf die weisse Substanz ausdehnt. Der Durchmesser dieser Kapillaren beträgt 2—3 μ, d. h. er ist kleiner als derjenige der Kapillaren der Medulla bei den anderen Wirbeltieren. Die von ihnen gebildeten Maschen sind meistens abgerundet oder polygonal mit 8—15 Seiten und mit abgerundeten Ecken; jedoch finden sich auch dreieckige und viereckige Maschen; sie sind sehr gewunden und liegen selten in einer Ebene.

Die sehr dünnen Aa. periphericae verteilen sich wesentlich in der gleichen Weise in der weissen Substanz, wie wir es bei den Unpaarzehern gesehen haben und bilden dort ein Netz mit weiteren Maschen als in der grauen Substanz.

Aus den Kapillarnetzen der grauen Substanz und der weissen Substanz entspringen die Vv. centrales und die Vv. periphericae.

Die ersteren sammeln sich in der Fissura medullaris; einige von ihnen verlaufen, bevor sie dort münden, longitudinal im

Innern der ventralen Kommissur, wobei sie in ihrem Verlauf laterale Äste aufnehmen, dann biegen sie mit einem Mal medialwärts um und dringen in die Fissur; diese Verhältnisse erinnern an die Entstehung der Vv. centrales bei den Raubtieren. Ausserdem ist bemerkenswert, dass der grösste Teil der Vv. centrales in Begleitung des Astes einer A. centralis in die Fissura medullaris eindringt.

Die Vv. periphericae entstehen durch spitzwinkliges Zusammenfliessen kleiner von dem Kapillarnetz stammender Venen; der grösste Teil nimmt seinen Ursprung in der grauen Substanz, die dünnen in der weissen Substanz. Es verdienen auch bei den Fledermäusen wegen der grossen Regelmässigkeit und wegen ihres Kalibers diejenigen erwähnt zu werden, die das Neurogliaseptum, das zwischen den dorsalen Strängen eingelagert ist, durchziehen, und die, welche direkt in die V. medullaris dorsalis münden.

Venen der Pia mater. — Auch bei Rhinolophus ferrum-equinum bilden die Venen der Pia mater zwei Systeme, ein ventrales und ein dorsales.

Das erstere (Taf. III, Fig. 7) wird von longitudinalen Stämmen gebildet, die der A. ventralis parallel verlaufen; diese vereinigen sich zu zwei und zwei, um die Vv. radicales ventrales hervorgehen zu lassen; die einzelnen Paare sind dann durch Anastomosen miteinander verbunden. Eher als eine wirkliche V. ventralis ist wohl ein Tractus venosus ventralis vorhanden, der um so dicker erscheint, je näher er den Vv. radicales ventrales ist, die aus ihm hervorgehen (Taf. III, Fig. 7, T. v. v.). Wirkliche Unterbrechungen sind nicht selten in seinem Verlauf. Im Halsteil bilden die Vv. ventrales, statt dass sie in einer einzigen Reihe angeordnet sind, häufig zwei Systeme, die zu beiden Seiten der A. ventralis liegen; in dem Lendenteil dagegen ist nur eine V. ventralis vorhanden, die im Filum terminale beginnt, allmählich immer dicker wird je mehr sie kranialwärts kommt, bis sie in der Mitte der Lendenanschwellung mehr als das doppelte Kaliber wie der Tractus venosus ventralis im übrigen Rückenmark erreicht; sie endet im Anfang des Lenden-

teils, indem sie sich in eine dicke, meistens auf der linken Seite gelegene V. radicalis ventralis fortsetzt. Diese V. ventralis liegt ventral von der gleichnamigen Arterie und teilt sich manchmal in ihrem kaudalen Teil in zwei Äste, die zu beiden Seiten der Arterie verlaufen.

In den eben beschriebenen Vv. ventrales sammeln sich die Vv. centrales und die Venen der ventralen Fläche der Medulla und manchmal auch einige von den lateralen Flächen herkommende Venen, und die Vv. radicales ventrales gehen von ihnen ab.

Diese (Taf. III, Fig. 7, V. r. v.) sind zahlreich, im Mittel 1 mm voneinander entfernt, aber selten symmetrisch. Sie durchziehen im wechselnden Verlauf die ventrale Fläche der Medulla, wobei sie auf ihrer Bahn Äste aufnehmen, und gesellen sich einer ventralen Wurzel zu, um mit dieser den Wirbelkanal zu verlassen. Manchmal gehen sie aus zwei oder drei, in verschiedenem Abstand voneinander gelegenen Stämmen hervor. Ihr Kaliber ist immer beträchtlich; sehr gross ist besonders das einer meistens links liegenden V. radicalis, die sich, wie ich oben angedeutet habe, im Anfang der Lendenanschwellung findet und das Blut der dicken V. ventralis dieser Region aufnimmt. In die Vv. radicales ventrales des Halsteils münden auch kleine, longitudinal an den lateralen Flächen der Medulla liegende, Vv. laterales; sie sind immer sehr kurz und anastomosieren nicht miteinander zur Bildung eines fortlaufenden Traktus.

Die Vv. periphericae, die an den lateralen Flächen der Medulla ausmünden, sammeln sich in zahlreichen Stämmen, welche in transversalem Verlauf diese Fläche durchziehen, dann die dorsale Fläche der Medulla durchlaufen und sich schliesslich in eine dicke V. dorsalis ergiessen. Die Zahl dieser zuführenden Stämme ist beträchtlich; in dem Halsteil zählt man 16—20 auf jeder Seite auf einem Centimeter Länge; in dem Lendenteil sind sie weniger zahlreich (15 auf einen Centimeter); einige, die von der dorsalen Fläche allein stammen, sind sehr dünn, während die, welche von den lateralen Flächen herkommen, im Mittel einen Durchmesser von mm 0,015 haben.

Die V. dorsalis (Taf. III, Fig. 8, V. d.), beginnt im Filum terminale und setzt sich ununterbrochen und geradlinig über die ganze Medulla fort, wobei sie nach und nach an Kaliber zunimmt, bis sie im Halsteil einen mittleren Durchmesser von ungefähr 0,30 erreicht. Sie ist mittelst dünner Bälkchen mit der Pia mater verbunden, wodurch sie eine gewisse Beweglichkeit hat. Sie endet kranial, indem sie sich längs des kaudalen Randes des IV. Ventrikels bald rechts bald links wendet und in den Sinus transversus mündet. Ich habe nie Vv. radicales dorsales von ihr ausgehen sehen.

Rhinolophus hippocrepis und Vespertilio murinus.

Bei diesen beiden Arten habe ich gefunden, dass die Rückenmarksgefässe sich in gleicher Weise verhalten wie bei Rhinolophus ferrum-equinum. Bei Vespertilio murinus sind die lateralen Äste der V. dorsalis weniger zahlreich und verhältnismässig dicker als bei den Rinolophidae; ausserdem teilte sich diese Vene bei zwei von den fünf untersuchten Exemplaren, statt dass sie sich an ihrem Ende nach einer Seite wendet, unmittelbar kaudal vom IV. Ventrikel in zwei Äste, einem rechten und einem linken, die in den Sinus transversus münden; in einem Fall hatten die beiden Äste beinahe gleiches Kaliber und in einem anderen war das des linken dicker.

Beim Vergleich der Rückenmarksgefässe der Fledermäuse mit denen der anderen bis jetzt untersuchten Säugetiere überrascht sofort die ausserordentliche Ähnlichkeit, die zwischen ihnen und denjenigen der Insektenfresser besteht und der tiefgehende Unterschied, der sie von denen der Unpaarzeher, der Paarzeher, der Nagetiere und der Raubtiere trennt. Deshalb kann man dieselben Betrachtungen, die ich beim Vergleich der Rückenmarksgefässe der Insektenfresser mit dem der Unpaarzeher, Paarzeher und Nagetiere habe anstellen können, bei der Gegenüberstellung

der Rückenmarksgefässe der Fledermäuse mit denen jener Säugetiere und der Raubtiere wiederholen.

Die Unterschiede zwischen den Rückenmarksgefässen der Insektenfresser und denjenigen der Fledermäuse sind gering und von sekundärer Bedeutung; sie sind besonders sehr gering gegenüber den Gefässen von Talpa europaea. Bei Erinaceus europaeus sind die Aa. radicales ventrales sehr spärlich und dünn, da das Blut der A. ventralis zum grössten Teil von den Aa. vertebrales zugeführt wird; dies trifft nur in sehr geringem Masse bei den Fledermäusen und bei Talpa zu, bei denen die Aa. radicales ventrales eine grössere Entwickelung erreichen.

Die Aa. centrales sind bei den Insektenfressern sehr dünn, aber dafür sehr zahlreich; bei den Fledermäusen haben sie dagegen beträchtliches Kaliber, das dem der Medulla Rechnung trägt, aber sie sind verhältnismässig seltener.

Bei den Fledermäusen beobachtet man endlich, dass die Vv. centrales, bevor sie in die Fissura medullaris eindringen, eine gewisse Strecke longitudinal verlaufen; von diesem Verhalten findet sich nur eine geringe Andeutung bei den Insektenfressern.

§ 7.

Homo.

Über die Rückenmarksgefässe des Menschen haben wir sehr ausgedehnte Kenntnisse, die wir hauptsächlich den Untersuchungen von Ross, von Adamkiewicz und von Kadyi verdanken Der letztere hat eine ausserordentlich ausführliche Beschreibung von ihnen gegeben. Die in der Folge gemachten Arbeiten, im besonderen auf dem Gebiet der pathologischen Anatomie, haben die Untersuchungen dieses letzteren Autors bestätigt und ich selbst habe sie, wie ich schon früher Gelegenheit hatte zu erwähnen (1901, S. 206), genau und zutreffend gefunden. Deshalb unterlasse ich es diese Gefässe zu beschreiben und beschränke mich darauf die Ergebnisse Kadyi's den von mir bei den anderen

Säugetieren gemachten Beobachtungen gegenüberzustellen in der Absicht festzustellen, ob Unterschiede zwischen dem Kreislaufsystem des menschlichen Rückenmarks und dem der anderen Säugetiere vorhanden sind, und welches dieselben in diesem Falle sind.

Bei diesem Vergleich werde ich mich auch der von Kadyi vorgeschlagenen Bezeichnungen bedienen, weil sie mit denen bei den verschiedenen anderen Klassen gebrauchten übereinstimmen; nur in einigen Fällen, die ich hervorheben werde, schlage ich einige durch die vergleichende Anatomie begründete Modifikationen vor.

Die Rückenmarksgefässe des Menschen sind nach demselben Grundplan wie die der Unpaarzeher, der Paarzeher, der Nagetiere und der Raubtiere angeordnet, und sie nähern sich besonders den bei der letzteren Ordnung gefundenen Verhältnissen. Die Zahl und Bedeutung der Arterien, die die Fissura medullaris durchziehen, werden übertroffen von denen der Arterien, welche von der Peripherie der Medulla in die Tiefe dringen. Daher wird es gut sein die Vergleiche gerade mit den Säugetieren der oben erwähnten Gruppe und nicht mit den Insektenfressern und den Fledermäusen anzustellen, bei welchen die Rückenmarksgefässe nach einem anderen Grundplan angeordnet sind.

Aa. vertebro-medullares. — Es herrscht in den Lehrbüchern grosse Verwirrung über die Teilungsweise dieser Arterie nach ihrem Eintritt in den Wirbelkanal, und damit stimmt überein die Mannigfaltigkeit der Benennungen, die dieser Arterie und ihren Ästen von den einzelnen Autoren gegeben worden sind. Die exaktesten Beschreibungen und Namen sind meines Erachtens die von Rüdinger (S. 2), weil die einen sowohl wie die anderen ihre Bestätigung durch die vergleichende Anatomie und die Embryologie finden. Rüdinger gibt an, dass sich von den Aa. vertebrales, intercostales, lumbales und sacrales Äste ablösen, die in den Wirbelkanal eindringen und sich alsbald in drei sekundäre Äste, den Ramus anterior canalis spinalis, den R. posterior canalis spinalis und den R. medullae spinalis teilen. Die ersten zwei verteilen sich in der Endorhachis, der dritte verzweigt sich dagegen im

Rückenmark und seinen Meningen. Bei den anderen Wirbeltieren, mit den Cyclostomen beginnend, verhalten sich die Aa. vertebro-medullares in gleicher Weise.

Lässt man die Äste der Endorhachis ausser Betracht, wie verteilt sich dann der R. medullae spinalis? Er ist der dickste der drei oben erwähnten Äste und erscheint als die direkte Fortsetzung des Stammes; man könnte ihn daher R. medullaris nennen, oder A. nervo-medullaris, wie Kadyi möchte (S. 24), oder A. nervi spinalis nach Hofmann (1900, S. 249).

Nach Rüdinger (S. 21) begleitet diese Arterie, nach Abgabe einiger Ästchen an das entsprechende intervertebrale Ganglion, die Nervenwurzeln und teilt sich bevor sie die Dura mater erreicht hat oder im Gewebe derselben in zwei Äste, einen ventralen und einen dorsalen, die der ventralen beziehungsweise der dorsalen Wurzel folgen.

Dagegen behauptet Adamkiewicz (1882, S. 111—112), dass die Aa. spinales sich nicht in zwei Äste teilen, sondern sich bald den vorderen bald den hinteren Wurzeln zugesellen, sodass sie in Aa. spinales anteriores und in Aa. spinales posteriores unterschieden werden können.

Kadyi (S. 23—24) bringt dieselbe Auffassung zum Ausdruck und setzt die Benennungen A. nervo-medullaris, und A. radicalis anterior s. posterior medullae spinalis an Stelle der obenerwähnten Namen von Adamkiewicz. Doch fügt er hinzu, dass die Aa. radicales in Wirklichkeit Äste der Aa. nervo-medullares sind, die sich in typischer Weise in zwei Äste, einen vorderen und einen hinteren teilen, von denen aber gewöhnlich nur einer gut entwickelt ist. Obgleich er die Stelle, an der die Teilung sich vollzieht, nicht näher angiebt, so geht doch aus dem Gesagten hervor, dass sie in der Dura mater stattfindet.

Hofmann (1900, S. 294) versichert, dass die Teilung bei allen Wirbeltieren sich in der Dura mater vollzieht.

Die anatomischen Lehrbücher spiegeln die Meinungsverschiedenheiten unter den Forschern wieder, da man bei einigen liesst, dass die Teilung ausserhalb der Dura mater stattfindet,

während andere schreiben, dass sie sich stets im Innern dieser Meninx vollzieht.

Die Untersuchungen, die ich in dieser Hinsicht gemacht habe, erlauben mir zu behaupten, dass die Teilung des R. medullaris arteriarum vertebro-medullarium sich ausserhalb der Dura mater vollzieht, d. h. im periduralen Raum, wo man sie bei allen anderen Säugetieren antrifft. Meistens habe ich sie in der Nähe der Dura mater gefunden, manchmal liegt sie nahe an der Endorhachis und in einigen Fällen innerhalb der Intervertebrallöcher. Rüdinger hat, wie ich oben erwähnt habe, sie auch im Innern der Dura mater beobachtet, ich aber habe sie bei drei in dieser Hinsicht von mir untersuchten Medullae spinales dort nicht finden können. Ich kann deshalb hinzufügen, dass jeder R. medullaris sich gewöhnlich in zwei Äste teilt, einen ventralen und einen dorsalen; sie sind selten gleichzeitig mit blossem Auge erkennbar; wahrscheinlich ist durch diese verschiedene Entwickelung die obenerwähnte Beschreibung von Adamkiewicz veranlasst worden. Die so entstandenen Aa. radicales durchdringen die Dura mater zusammen mit Nervenwurzeln oder ihnen benachbart; während ihres Durchtritts geben sie zahlreiche Äste ab, die sich auf dieser Meninx verteilen; auch in diesem Punkte weichen meine Beobachtungen von der Beschreibung Rüdingers (S. 12) ab, der daran festhält, dass die Arterien der Dura mater direkt vom Stamm der Rami medullares abstammen.

Die genaue Kenntnis der Art der Verteilung der Aa. vertebromedullares und der Stelle, an der sie stattfindet, hat grosse Bedeutung, da diese, wie sich im folgenden zeigen werde, aufs Engste mit den Verhältnissen bei den anderen Wirbeltieren und der Bedeutung der Meningen gegenüber der Endorhachis verbunden ist. Für jetzt genügt es mir festzustellen, dass beim Menschen, wie bei den anderen Säugetieren die Aa. vertebromedullares, nach Abgabe von Ästen an die Endorhachis, sich ausserhalb der Dura mater in zwei Äste teilen, die Aa. radicales ventrales und dorsales; dass diese letzteren Arte-

rien zusammen mit den entsprechenden Wurzeln die Dura mater durchbohren, zahlreiche Äste an sie abgeben und sich alsdann gegen die Pia mater wenden.

Aa. vertebrales. — Beim Menschen haben die Aa. vertebrales verhältnismässig wenig Bedeutung für die Ernährung der Medulla; hierin unterscheidet sich also der Mensch nicht von den anderen Säugetieren seiner Gruppe. Gewöhnlich geben sie dünne Äste an die cervikalen Säulen ab und durchdringen die Dura mater an der Stelle des ersten Intervertebrallochs; als Varietät kann eine der beiden Aa. vertebrales durch das zweite Intervertebralloch in den Wirbelkanal eindringen (Herberg) und durch das erste Loch nur ein ziemlich dünner Ast gehen. Diese Varietät lässt sich leicht aus der vergleichenden Anatomie erklären, da bei den Unpaarzehern, den Paarzehern und den Raubtieren die Aa. vertebrales einen dünnen Ast durch das erste Intervertebralloch schicken, während die durch die anderen Intervertebrallöcher der cervikalen Wirbel gehenden Äste sehr dick sind. Schon Kadyi (S. 25—26) machte übrigens in dieser Beziehung darauf aufmerksam, dass beim Hund die Hauptäste der A. vertebralis, die den basilaren Stamm bilden, durch das III. Intervertebralloch gehen.

Aa. radicales. — Auch beim Menschen beobachtet man einen bedeutenden Unterschied des Kalibers bei den verschiedenen Aa. radicales, obwohl sie sehr regelmässig sind; die grössten erstrecken sich bis an die Medulla und besorgen die Vaskularisation derselben, während die dünneren sich in der Dura mater und in den Nervenwurzeln verlieren.

Die Aa. radicales ventrales s. anteriores sind wenig zahlreich, ihre Zahl beträgt ungefähr die Hälfte der dorsales s. posteriores; ihr Kaliber übertrifft im allgemeinen das der letzteren, sodass sie es sind, die der Medulla die Hauptmenge des Blutes zuführen. Bei den anderen Säugetieren haben sie verhältnismässig grösseres Kaliber.

Tractus arteriosus ventralis, Tractus arteriosi laterales. — Beim Menschen wird der Tractus

ventralis offenbar von Anastomosenästen der Aa. radicales ventrales gebildet; es sind nämlich die Unterschiede in seinem Kaliber und die — bald einfachen bald aus drei oder vier länglichen Maschen gebildeten — Circuli arteriosi in seinem Verlauf zahlreich, sodass der Tractus an einigen Stellen aus einem wahren Plexus besteht. In den allgemeinen Betrachtungen werde ich auf die Bedeutung dieser Maschen zurückkommen, die um so zahlreicher vorhanden sind, je geringer die Wichtigkeit der arteriellen Bahn für die Ernährung der Medulla ist.

Von ihr gehen, wie bei den anderen Säugetieren R. laterales und R. dorsales aus.

Sobald die ersteren an die Linie gelangt sind, welche die Anfänge der ventralen Wurzeln verbindet, vereinigen sie sich mittelst einer Anastomosenreihe, die sich längs des ganzen Rückenmarkes erstreckt und von Kadyi mit dem Namen Tractus arteriosus antero-lateralis bezeichnet wird; bei den anderen Säugetieren ist diese Anastomosenreihe nicht so in die Augen fallend längs der ganzen Medulla, sie tritt gewöhnlich nur im Halsteil hervor.

Die dorsalen Aste oder Aa. centrales enden alle entweder in der rechten oder in der linken Hälfte der Medulla, gerade wie es bei den anderen Säugetieren der Fall ist. Ihre Zahl ist im Mittel 5 auf einen Centimeter Länge; beim Kaninchen habe ich deren im Mittel 25 auf der gleichen Strecke, beim Pferd 8—10 und beim Hund 6—8 gezählt. Während in dieser Beziehung kein grosser Unterschied zwischen den Unpaarzehern, Raubtieren und Mensch besteht, so ist dagegen der Unterschied zwischen diesen Säugetieren und den Nagetieren sehr erheblich; sobald man ausser der Zahl das mittlere Kaliber der Aa. centrales der verschiedenen untersuchten Ordnungen in Betracht zieht, beobachtet man, dass ihre Bedeutung für die Ernährung der Medulla abnimmt, wenn man von den Nagetieren zu den Unpaarzehern und Paarzehern, von diesen zu den Raubtieren und von diesen letzteren zum Menschen fortschreitet.

Auf den lateralen Flächen der Medulla finden sich zwei arterielle Anastomosenketten (Tractus arteriosi postero-

laterales von Kadyi), die den Tractus arteriosi laterales der anderen Wirbeltiere entsprechen; beim Menschen zeigen sie eine Regelmässigkeit und ein gleichförmiges Kaliber, die man bei den anderen Säugetieren nicht beobachtet. Von ihnen lösen sich starke Rr. posteriores ab, die unmittelbar medial von der die Anfänge der dorsalen Wurzeln verbindenden Linie, oder auf dieser Linie, zwei sekundäre Anastomosenketten bilden; sie fehlen bei den andern Säugetieren, wenn man von dem Halsteil der Raubtiere absieht, in welchem man, wie ich seinerzeit (S. 181) bemerkt habe, longitudinale, medial von den dorsalen Wurzeln gelegene Äste der Aa. radicales dorsales beobachtet.

Von den Tractus arteriosi postero-laterales gehen auch Rami laterales aus, die zusammen mit Ästen des Tractus arteriosus ventralis an der Ursprungsstelle der Ligamenta denticulata zwei sekundäre Anastomosenketten (Tractus arteriosi laterales nach Kadyi) bilden; sie fehlen bei den anderen Säugetieren mit Ausnahme der Affen, bei denen sie eine erhebliche Entwickelung erreichen.

Im Conus terminalis kommunizieren die Tractus arteriosi postero-laterales auf jeder Seite mit dem Tractus arteriosus ventralis mittelst eines R. anastomoticus arcuatus (Kadyi), der über die lateralen Flächen zwischen den Ursprungsbündeln der Wurzeln hinzieht; bei den anderen Säugetieren sind statt eines einzigen Astes drei oder vier Äste auf jeder Seite in kurzem Abstand voneinander vorhanden. Bei diesen ist der Conus terminalis der Medulla lang, und daher vollzieht sich der Übergang zwischen Medulla und Filum terminale allmählich; beim Menschen dagegen geschieht dieser Übergang ziemlich plötzlich und daher vermindern sich die Anastomosenäste auf nur zwei, einen auf jeder Seite; ihr Kaliber ist im Vergleich zu dem der Medulla grösser als das der einzelnen kommunizierenden Äste der anderen Säugetiere.

Aa. centrales und Aa. periphericae — Hoche (S. 253 bis 254) gelangt bei dem Vergleich der menschlichen Rückenmarksgefässe mit denen des Kaninchens und des Hundes zu

dem Schluss, dass die Arterien, die von der Peripherie eindringen diejenigen, welche vom Grunde der Fissura medullaris herkommen, übertreffen, und dass beim Menschen die Aa. periphericae dicker sind als die Aa. centrales, während dies beim Kaninchen nicht zutrifft und beim Hund in weniger deutlicher Weise stattfindet. Nach meinen Untersuchungen beobachtet man beim Aufsteigen von den Nagetieren zu den Unpaarzehern, zu den Paarzehern, zu den Raubtieren und schliesslich zu dem Menschen, dass die Aa. periphericae immer grössere Bedeutung für die Ernährung der Medulla erlangen, obgleich sie bereits bei den Nagetieren diesem Organ die Hauptmenge des Blutes zuführen.

Die Aa. centrales teilen sich, in die centrale Gallertsubstanz eingedrungen, in zwei Äste (R. ascendens et descendens arteriae centralis), die vertikal in der Medulla verlaufen, wobei sie transversale Äste abgeben. Auch darin zeigen die Rückenmarksgefässe eine Abweichung von denen der anderen Säugetiere; bei den Nagetieren teilen sich nämlich die Aa. centrales in einen ventralen und einen kaudalen Ast, bei den Unpaarzehern und Paarzehern beobachtet man neben diesen Ästen andere noch dünnere, kranial und kaudal gerichtete Äste, und endlich beim Menschen sind es diese letzteren, welche die Oberhand gewinnen und die wirkliche Endigung der Aa. centrales bilden, während die ventralen und dorsalen Äste sich verdünnen und zu einfachen kollateralen Ästen der vorigen zurückbilden.

Von diesen vertikalen Verzweigungen der Aa. centrales lösen sich Äste ab, die sich in der centralen Gallertsubstanz verteilen; ihr Verlauf ist sehr wechselnd und es lassen sich keine ventralen und dorsalen, für die graue Substanz bestimmte, Äste unterscheiden, wie dies bei den anderen Säugetieren möglich ist.

Die Kapillarnetze der grauen und die der weissen Substanz zeigen keine bemerkenswerten Unterschiede von denen der Raubtiere und der Huftiere; mannigfaltig dagegen sind die Unterschiede zwischen den Venen des menschlichen Rückenmarks und denen der anderen Säugetiere.

Venen. — Die Vv. centrales gehen aus der Verschmelzung der vertikalen, an den Seiten des Centralkanals gelegenen, Äste hervor; diese Äste, die ein ansehnliches Kaliber haben und manchmal mittelst Anastomosen untereinander verbunden sind, fehlen bei den Nagetieren, erreichen dagegen bei den Unpaarzehern eine grössere Entwickelung als beim Menschen.

Auch die Vv. periphericae entstehen durch das Zusammenfliessen longitudinaler Stämme, einem kranialen und einem kaudalen Ast; dieser Zustand findet sich, wie auch Hoche (S. 252) richtig bemerkt hat, nicht bei den Nagetieren; bei den Unpaarzehern finde ich ihn nur angedeutet und bei den Raubtieren und Affen deutlich vorhanden.

Auch beim Menschen übertreffen die Vv. periphericae in ihrem Gesamtkaliber die Vv. centrales, ja das Missverhältnis ist grösser als bei den anderen Säugetieren; ausserdem übertrifft beim Menschen das Gesamtkaliber der Aa. centrales das der gleichnamigen Venen, sodass das von den Aa. centrales zugeführte Blut zum Teil gezwungen ist durch die Vv. periphericae zurückzufliessen.

Die in der medullaren Pia mater des Menschen verlaufenden Venen zeigen beträchtliche Unterschiede gegenüber denen der Säugetiergruppe, deren Markgefässe im wesentlichen wie die des Menschen angeordnet sind.

Längs der ventralen Medianlinie beobachtet man den Tractus arteriosus begleitende Venen (Tractus venosus anterior medullae spinalis s. Venae comitantes tractus arteriosi anterioris), die weniger entwickelt sind als die in der dorsalen Medianlinie gelegenen Venen; im Lendenteil werden sie von einem einzigen und sehr dicken Stamm gebildet. Gleiche Verhältnisse finden sich bei den Affen und den Raubtieren; bei den Unpaarzehern und den Paarzehern haben die eben erwähnten Venen die Neigung, zwei fortlaufende Systeme, eines auf jeder Seite des Tractus arteriosus, zu bilden, und bei den Nagetieren werden sie von einem einzigen Stamm repräsentiert, der Maschen in seinem Verlauf zeigt.

Auch beim Menschen liegt die grösste Vene der Pia mater längs der dorsalen Medianlinie (Vena mediana posterior sive Tractus venosus medianus posterior).

Zwei weitere sehr wichtige Venenketten liegen an der Ursprungsstelle der ventralen Wurzeln (Tractus venosi anterolaterales); sie fehlen bei den Nagetieren, sind im Halsteil der Huftiere gut entwickelt und ihr Gesamtkaliber ist kleiner als das des Tractus venosus ventralis; bei den Raubtieren sind sie dagegen auch im kranialen Drittel des Brustteils in die Augen fallend, und im Halsteil haben sie ein Gesamtkaliber, welches dasjenige des Tractus venosus anterior übertrifft. Die Entwickelung der Tractus venosi antero-laterales nimmt daher von den Nagetieren bis zum Menschen zu, indem sie sich umgekehrt verhält wie die des Tractus venosus anterior.

Die Venen der lateralen Flächen des menschlichen Rückenmarks bilden keine getrennten Systeme, ausgenommen im Lendenteil, während das Vorhandensein solcher Systeme bei den andern Säugetieren nicht selten ist; sie sind im Halsteil beim Pferde gut entwickelt und noch mehr bei den Nagetieren; man kann daher sagen, dass diese Tractus eine umgekehrte Entwickelung zeigen, als die der Tractus venosi antero-laterales.

Zum Schluss möchte ich die Unterschiede anführen, durch welche die Rückenmarksgefässe des Menschen von denen der andern Säugetiere mit gleichem Vaskularisationsplan der Medulla abweichen und den Beweis liefern, dass von den Nagetieren zu den Huftieren und von diesen fortschreitend zu den Raubtieren und dem Menschen sich eine fortlaufende Reihe von Modifikationen entwickelt, infolge deren die centripetale arterielle Verteilung immer grössere Bedeutung erlangt, und der Blutkreislauf immer gleichmässiger längs des ganzen Rückenmarkes wird

Schlussfolgerungen.

Wenn wir nun, nachdem wir die Eigenarten kennen gelernt haben, welche die einzelnen Ordnungen der untersuchten Säuge-

tiere charakterisieren, alle diese Eigenarten in ihrem Ganzen betrachten, wie wir es bei den anderen Ordnungen der Wirbeltiere getan haben, so finden wir, dass in Bezug auf die Verteilung der Blutgefässe des Rückenmarkes die Säugetiere in zwei Gruppen eingeteilt werden können, bei welchen der Grundplan dieser Verteilung ein geradezu entgegengesetzter ist; die Insektenfresser und die Fledermäuse bilden die erste Gruppe, die Unpaarzeher, die Paarzeher, die Nagetiere, die Raubtiere und der Mensch bilden die zweite Gruppe.

Bei der ersten Gruppe hat die A. ventralis ein erhebliches Kaliber und grosse Regelmässigkeit, und ihre dicken und zahlreichen Rr. dorsales bringen der Medulla die Hauptmenge des Blutes; deshalb kann man sagen, dass bei ihr, wenn man nur die Arterien in Betracht zieht, die Verteilung der Arterien nach vorwiegend centrifugalem Typus stattfindet. Die Rr. dorsales teilen sich am Anfang der Fissura medullaris in zwei Aa. centrales, die sich von einander entfernen, wobei sie einen spitzen Winkel bilden; gewöhnlich endet die eine in der rechten und die andere in der linken Hälfte der Medulla. Die Rr. dorsales arteriae ventralis haben daher eine bilaterale Verteilung. Die Vv. periphericae nehmen die grösste Menge des Blutes auf, das von der Nervensubstanz zurückfliesst, und vereinigen sich in einer grossen V. mediana dorsalis.

Bei der zweiten Gruppe findet man an Stelle einer A. ventralis einen wirklichen Tractus arteriosus ventralis, der verhältnismässig dünn und unregelmässig ist, und zahlreiche Maschen (Circuli) in seinem Verlauf zeigt; aus ihm gehen keine Rr. dorsales mehr hervor, die sich in Aa. centrales weiterteilen, sondern direkt die Aa. centrales; diese führen der Medulla den kleineren Teil der zu ihrer Ernährung dienenden Menge Blutes zu. Ausser dem Tractus arteriosus ventralis findet man zwei andere Hauptketten arterieller Anastomosen, die Tractus arteriosi laterales, die zusammen mit den Rr. laterales arteriae ventralis zahlreiche und dicke Aa. periphericae in die Medulla schicken, die in ihrer Gesamtheit die Aa. centrales übertreffen; die Blutverteilung ist daher, wenn man

nur die Arterien in Betracht zieht, vorwiegend eine centripetale. Die Vv. periphericae übertreffen die centrales mehr als in der ersten Gruppe und bilden vier längs verlaufende Hauptsysteme, zwei unpaare und zwei paarige.

Welche unter den Anordnungen der beiden Gruppen ist nun als die anatomisch höherstehende zu betrachten? Um diese Frage zu beantworten, ist es nötig, die Rückenmarksgefässe jeder Gruppe mit denen der andern Klassen der Wirbeltiere zu vergleichen.

Ich habe schon bemerkt, dass bei den Reptilien Modifikationen auftreten, durch welche zu einer rein centrifugalen Arterienverteilung eine centripetale hinzukommt, wie dies besonders deutlich bei den Chelonia und den Crocodilia hervortritt, und dass bei den Vögeln diese Modifikation noch deutlicher wird, sodass bei ihnen die centripetale Verteilung die ganze weisse Substanz mit Blut versorgt und der centrifugalen die Aufgabe vorbehalten bleibt, die graue Substanz zu ernähren. Die A. oder der Tractus arteriosus ventralis, die bei den Reptilien die Hauptarterie des Rückenmarks war, verliert daher sehr an Bedeutung und nimmt an Kaliber ab, während zahlreiche Maschen in ihrem Verlauf auftreten; ihre Rr. dorsales vermindern sich an Zahl und Kaliber, während die Aa. radicales dorsales grössere Entwickelung und Regelmässigkeit erlangen und zwei neue Arterienbahnen, die Tractus arteriosi laterales, hervorgehen lassen. Auch die vorwiegend centripetalen Venen bei den Reptilien werden allmählich durch Vv. periphericae ersetzt und gleichzeitig verlieren die Vv. medianae ventrales an Bedeutung, während die Vv. laterales immer mehr eine solche gewinnen; die Vv. medianae dorsales, die bei den Fischen und den Amphibia urodela so entwickelt sind und bei den Reptilien fast vollständig verschwunden waren, erlangen dagegen ihre frühere Bedeutung wieder. Es lässt sich nicht leugnen, dass sich diese Veränderungen bei den Säugetieren der zweiten Gruppe fortsetzen und dass sie immer vollkommener werden, wenn man von den Nagetieren zu den Unpaarzehern, zu den Paarzehern, zu den Raubtieren, und zu dem Menschen

fortschreitet. Bei diesem letzteren ist der Tractus arteriosus ventralis sehr dünn und unregelmässig, und seine Rr. dorsales (Aa. centrales) beschränken ihre Thätigkeit auf die Ernährung des centralen Teils der grauen Substanz, während die Aa. periphericae, die von zwei Tractus laterales (ausser von dem Tractus ventralis und von vier sekundären Tractus, zwei dorsalen und zwei ventralen) abgegeben werden, die ganze weisse Substanz und zum grössten Teil die graue Substanz mit Blut versorgen; die Bedeutung der Vv. centrales ist fast null, da sie nicht einmal im stande sind, das von den Aa. centrales zugeführte Blut aufzunehmen; die an Zahl und Kaliber vermehrten Vv. periphericae sammeln sich in zahlreichen longitudinalen in der Pia mater gelegenen Systemen.

Während es möglich ist, eine deutliche Beziehung zwischen den Rückenmarksgefässen der zweiten Säugetiergruppe und denen der Reptilien und der Vögel wahrzunehmen, ist andererseits die Beziehung nicht so einfach, die zwischen den Rückenmarksgefässen der ersten Säugetiergruppe und denen der Vögel besteht, da sich bei ihnen Verhältnisse finden, die sich einerseits denen der anderen Säugetiere nähern und fast zwischen diese und die Rückenmarkgefässe der Vögel einreihen liessen, während sie andererseits den Gefässen der Sauria und der Ophidia näher stehen als denen der Vögel und der anderen Säugetiere.

Unter den Eigenschaften, die die Rückenmarksgefässe der Insektenfresser und der Fledermäuse denen der zweiten Säugetiergruppe näher bringen, ist vor allem hervorzuheben: das Vorhandensein lateraler Äste, die von der A. ventralis auf der Pia mater verteilt werden und die in verhältnismässig grösserer Zahl als bei den Vögeln zu finden sind — die in der Nähe des Ursprungsstammes stattfindende Teilung der Rr. dorsales arteriae ventralis in Aa. centrales, die nicht paarig und symmetrisch sind wie bei den Reptilien — das Eindringen der Aa. periphericae von der ganzen Peripherie der Medulla und das Hervorgehen einiger derselben aus der A. ventralis, (Verhältnisse die bei den Reptilien weniger ausgesprochen sind),

— der Reichtum des Kapillarnetzes der Insektenfresser und der Fledermäuse — und die Endigung aller Arterien im Innern der Nervensubstanz. Jedoch grösser und mehr ins Gewicht fallend ist die Zahl der Charaktere, welche die Gefässe der Insektenfresser und der Fledermäuse, denen der Reptilien mehr annähern, als denen der Vögel und der andern Säugetiere; so das grosse Überwiegen der centrifugalen Arterienverteilung über die centripetale — das grosse Kaliber und die Regelmässigkeit der A. ventralis — die Wichtigkeit der Aa. centrales — das Zusammenfliessen der Venen in eine grosse V. dorsalis, die im Schädel endigt.

In welcher Weise können wir uns diese Eigenarten der Gefässe der Insektenfresser und der Fledermäuse erklären? Ich glaube, sie stehen mit der Thatsache in Verbindung, dass das Blut, das sich in der Medulla verteilt, fast ausschliesslich von den Aa. vertebro-medullares I (statt von einer langen Reihe von Aa. vertebro-medullares) herstammt; bei einer solchen Anordnung wird die A. ventralis zur A. princeps der Medulla, wie es die gleichnamige Arterie bei den Reptilien ist; alle anderen Verhältnisse sind Folgen dieser einen Thatsache. Es ist jedoch gut, sich gegenwärtig zu halten, dass die A. ventralis der Fledermäuse und der Insektenfresser die obenerwähnten Eigenschaften deshalb hat, weil sie aus den Aa. vertebromedullares I hervorgeht, während dagegen die A. ventralis der Reptilien diese Charaktere hat, weil sie von einer langen Reihe von Aa. vertebro-medullares abstammt.

Obwohl die Rückenmarksgefässe der zweiten Säugetiergruppe im wesentlichen wie die der Vögel angeordnet sind, so finden sich doch viele Unterschiede, durch die sie von diesen abweichen, sobald man seine Aufmerksamkeit auf die kleinen Eigenarten ihrer Verteilung richtet. Vor allem bemerkt man, dass die Aa. radicales der Vögel viel regelmässiger sind als die der Säugetiere; bei jenen nämlich erreichen die Aa. radicales ventrales nur selten den Tractus arteriosus ventralis und die Aa. radicales dorsales fehlen niemals, während bei diesen die ersteren sich sehr häufig auf den ventralen Wurzeln

verlieren und die zweiten ziemlich oft fehlen. Während nun die Aa. radicales der Vögel keine grossen Unterschiede in ihrem Kaliber aufweisen, zeigen die der Säugetiere sehr ausgesprochene, sodass bei einigen Arten — und ganz besonders beim Menschen (Adamkiewicz, Kadyi) — einige wenige Aa. radicales vorhanden sind, die der Medulla den grössten zu ihrer Ernährung notwendigen Teil des arteriellen Blutes zuführen. Demnach ist bei den Säugetieren eine Art Centralisation des Blutes vorhanden, das durch einige Stämme zur Medulla geht, deren Lage aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Bedeutung der Arterien, die sie hervorgehen lassen, in Beziehung steht.

Bei den Vögeln wird das von den Aa. vertebro-medullares zugeführte Blut — abgesehen von einem kleinen Teil, der sich auf der Endorhachis verteilt — für die Ernährung der Medulla verwendet; obgleich der grösste Teil derselben auch bei den Säugetieren diesem Zweck dient, kommen bei diesen doch zu den Gefässen der Endorhachis und des periduralen Gewebes die Gefässe der Dura mater hinzu.

Neben den drei bei den Vögeln beschriebenen Tractus arteriosi, die bei den Säugetieren Tractus arteriosi principes bezeichnet werden können, sind andere kleine aber ziemlich regelmässige Tractus aufgetreten; es sind deren beim Menschen vier vorhanden (Kadyi). Sie haben augenscheinlich die Aufgabe, die Metamerie der Aa. vertebro-medullares noch weniger fühlbar zu machen, als dies bei den Vögeln der Fall ist.

Die Aa. centrales, die bei den Vögeln eine grosse Bedeutung für die Ernährung der Nervensubstanz haben, da sie sich fast in der ganzen grauen Substanz verteilen, sind bei den Säugetieren verhältnissmässig dünn und beschränken sich darauf, nur den centralen Teil dieser Substanz zu vaskularisieren; dafür sind bei den Säugetieren die Aa. periphericae stärker entwickelt; sie dringen von der ganzen Peripherie der Medulla ein und ernähren das ganze übrige Rückenmark.

Ausser durch die Grösse des Verteilungsgebietes unterscheiden sich die Aa. centrales der Säugetiere und der Vögel

auch durch ihre Form; bei diesen gehen sie nämlich gewöhnlich aus der Teilung der Rr. dorsales des Tractus arter. ventr. hervor, die sich im Innern der Fissura medullaris vollzieht und die von jedem R. dorsalis abstammenden Aa. centrales vaskularisieren gleichzeitig die beiden Hälften der Medulla: bei jenen dagegen kommt dies nur ausnahmsweise vor, wogegen jede A. centralis direkt aus dem Tractus arter. ventr. entsteht.

Bei den Säugetieren führen die Aa. periphericae der Nervensubstanz die Hauptmenge des Blutes zu und versorgen die ganze weisse Substanz und die grauen Säulen, während die Aa. centrales sich darauf beschränken, die centrale graue Substanz zu vaskularisieren; bei den Vögeln besteht ein geringerer Unterschied zwischen der Blutmenge, die von der Gesamtheit der Aa. centrales zugeführt wird, und derjenigen der Aa. periphericae, obwohl diese die erstere übertrifft.

Endlich bemerkt man, was die Venen anbetrifft, vor allem, dass die der Vögel im Innern der Medulla durch das spitzwinkliche Zusammenfliessen mehrerer Stämme entstehen; bei den höheren Säugetieren dagegen gehen sie aus der Verschmelzung longitudinaler Stämme hervor. Das Auftreten dieser Stämme auch im Innern der Medulla ermöglicht eine viel gleichmässigere Blutversorgung — und auch unter diesem Gesichtspunkt sind die Einrichtungen der Vögel weniger vollkommen, als die der Säugetiere.

Ausserdem ist die Zahl der longitudinalen Venen an der Oberfläche der Medulla kleiner bei den Vögeln als bei den Säugetieren; bei diesen letzteren beobachtet man nämlich wirkliche Tractus venosi, und neben den Haupttractus treten, wie bei den Arterien, zwischen die vorhergehende eingeschobene sekundäre Tractus auf.

Aus dem Vergleich der Rückenmarksgefässe der Vögel mit denen der Säugetiere geht daher hervor, dass sie nach demselben Typus angeordnet sind — dass die centrifugalen Arterien bei den Vögeln eine grössere Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarkes haben, als bei den Säugetieren — und endlich dass bei diesen die longitudinalen Gefässe mehr entwickelt sind, die

den Zweck haben, trotz des segmentären Charakters der das Blut zuführenden Arterien (der seinerseits die Folge der Metamerie der Wirbelsäule ist) und der Venen, die das Blut sammeln, eine gleichmässige Blutverteilung herbeizuführen geeignet ist.

Allgemeine Betrachtungen.

Bei allen Wirbeltieren wird das Blut dem Rückenmark von den Aa. vertebro-medullares zugeführt. Bei den niedrigsten (Cyclostomata, Pisces elasmobranchii und ganoideï), bei welchen die ventralen und dorsalen Nervenwurzeln durch besondere Öffnungen, mit einander abwechselnd, aus dem Wirbelkanal austreten, dringen die Aa. vertebro-medullares in den Wirbelkanal durch besondere Öffnungen, die zwischen den ventralen und dorsalen Wurzeln liegen. Geht man zu den Amphibia über, so beobachtet man, dass sie immer mit den Nerven zusammen eindringen, indem sie durch die Intervertebrallöcher gehen.

Wenn die Aa. vertebro-medullares mit den Nerven zusammen in den Wirbelkanal eindringen, so liegen sie bei allen Wirbeltieren ventral von diesen. Sie geben, kaum eingetreten, Äste an die Endorhachis ab. Obgleich hier nicht die geeignete Stelle ist zu zeigen, wie diese Äste sich verzweigen, da die Endorhachis nichts mit dem Centralnervensystem zu thun hat und nichts anderes als das Periost oder Perichondrium im Innern der Wirbel darstellt, so ist es dennoch nötig, auf das Vorhandensein dieser Rr. s. Aa. endorhachidis hinzuweisen, die niemals, selbst nicht bei den Cyclostomen, fehlen, wenn sie auch immer dünn sind. Ihre Kleinheit im Vergleich zu den Aa. vertebro-medullares zeigt, dass die von diesen

letzteren zugeführte Blutmenge fasst ausschliesslich für das Rückenmark bestimmt ist.

Nach kurzem Verlauf in dem von der Endorhachis und den Meningen umschlossenen Raum (Spatium perimeningeum) teilen sich die Aa. vertebro-medullares in zwei Äste, einen ventralen und einen dorsalen. Hofmann (1900, S. 294), der diese Thatsache bemerkt hat, hält nicht nur an der Behauptung fest, dass die Aa. vertebro-medullares (Aa. nervorum spinalium) immer durch die Intervertebrallöcher mit den Spinalnerven zusammen eindringen, was, wie ich oben gesagt habe, nicht wahr ist, sondern behauptet auch, dass die Teilung dieser Arterien sich immer innerhalb der Dura mater vollzieht. Er versteht jedoch unter dem Namen Dura mater jene Membran, von der ich glaube nachgewiesen zu haben, dass sie die Endorhachis ist, und so begreift man, dass ich seine Behauptung in dem oben ausgeführten Sinne modifizieren musste. Dass sich diese Teilungen der Aa. vertebro-medullares im Spatium perimeningeum vollziehen, ist eine Tatsache von grosser Bedeutung, da sie aufs innigste mit der Phylogenese und Ontogenese der Meningen in Beziehung steht. Da nämlich sowohl diese wie jene bestätigt, dass das Rückenmark zuerst von einer Bindegewebschicht (Meninx primitiva) bekleidet ist, die durch das Spatium perimeningeum von der Endorhachis getrennt ist, und dass sich später aus dieser Schicht die definitiven Meningen differenzieren, und da sich die Teilung der Aa. vertebro-medullares bei den Wirbeltieren, bei denen sich die Meninx primitiva auch im ausgewachsenen Zustand erhält, ausserhalb dieser Membran vollzieht, so ist es natürlich, dass diese Teilung ausserhalb der Dura mater stattfindet, die sich aus der Meninx primitiva differenziert.

Schon bei den Cyclostomen und den Fischen haben die Aa. vertebro-medullares kein gleiches Kaliber längs des ganzen Rückenmarkes, sondern ihr Verhalten ändert sich je nach den Dimensionen, die dieses besitzt. Auf ihrem Weg bis ans Ende der Cauda werden sie immer dünner, bis

sie an den letzten Nerven manchmal zu einfachen Kapillaren reduziert werden. Wenn man zu den Amphibia urodela aufsteigt, bleibt nicht allein diese Thatsache bestehen, sondern es kommt noch eine andere hinzu, d. h. das Kaliber der Aa. vertebro-medullares wird an den Anschwellungen der Medulla grösser. Bei den anderen Wirbeltieren ist dieses Verhalten nicht von Bedeutung, da verschiedene andere Umstände auftreten, die es zuerst modifizieren und dann unnötig machen.

Ausserdem beobachtet man in der ganzen Reihe der Wirbeltiere, wie Hofmann (1900, pg. 295) richtig bemerkt, einen bedeutenden Unterschied zwischen den kranialen Aa. vertebro-medullares und den übrigen; bald handelt es sich nur um das erste Paar dieser Arterien, bald dagegen sind es einige kraniale Paare, die ein grösseres Kaliber haben, als die anderen. Die starke Entwickelung dieser Arterien steht in keinem Verhältnis zu der des entsprechenden Teiles der Medulla spinalis, sondern sie ist, wie Hofmann (loc. cit.) angibt, eine Folge davon, dass das von ihnen geführte Blut auch zur Vascularisation des Gehirns dient. Bei einigen Wirbeltieren kommt es jedoch vor, dass die Aa. vertebro-medullares I. ausser für die Ernährung des Gehirns auch für die des Rückenmarkes grosse Bedeutung haben, da die anderen Aa. vertebro-medullares sehr dünn sind. Wenn man in der Wirbeltierreihe aufsteigt, so wird das erste Paar der Aa. vertebro-medullares sehr dick und bildet schliesslich die Endigung der Aa. vertebrales; daher werden die Aa. vertebro-medullares I gerade mit diesem Namen bezeichnet. Einige Autoren betrachten in der menschlichen Anatomie als A. vertebro-medullares I. den Teil der A. vertebralis, der von dem ersten Intervertebralloch bis zur A. basilaris geht; mir scheint es, dass nicht dieser ganze Teil der A. vertebralis die gleiche Homologie hat, sondern das als A. vertebromedullaris I. nur die sehr kleine Strecke dieser Arterien zu betrachten ist, die zwischen dem Atlas und dem Hinterhauptbein ausserhalb der Dura mater liegt; sobald die A. vertebralis durch diese Membran hindurchgetreten ist, wird sie den Aa. radicales ventrales homolog, da sie

sich den ventralen Wurzeln des ersten Nervenpaares zugesellt und an der ventralen Fläche endigt. Es lässt nämlich jede A. vertebralis, nachdem sie durch die Dura mater und die Arachnoidea getreten ist, einen ziemlich dicken dorsalen Ast hervorgehen, der der hinteren Wurzel des ersten Nervenpaares folgt, und an die laterale Fläche gelangt, sich seinerseits in einen kranialen und einen kaudalen Ast teilt; ganz richtig betrachten Kadyi (pg. 28) und Hofmann (1900, pg. 311 bis 312) diesen Ast als den Aa. radicales dorsales (A. radicalis posterior nervi primi nach Kadyi, Ramus dorsalis arteriae nervi spinalis primi nach Hofmann) homolog. Man muss jedoch im Auge behalten dass, während die Aa. radicales dorsales immer ausserhalb des Duralschlauches aus den Aa. vertebro-medullares hervorgehen, die vermeintliche A. radicalis posterior nervi primi immer im Innern der Dura mater im intrarachnoidalen Raum entsteht. Das kommt daher, dass die Dura mater an der dem I Foramen intervertebrale entsprechenden Stelle beträchtlich erweitert ist, wo sie den höheren Teil des Abschnitts der Dura mater des Rückenmarks bildet, den ich „imbuto durale" (Duraltrichter) genannt habe (vergl. meine Arbeit über die Meningen, Seite 176).

Die Regelmässigkeit in der Zahl der Aa. vertebro-medullares ist bei allen Wirbeltieren konstant vorhanden; sorgfältige Injektionen ermöglichen sie auch beim Menschen nachzuweisen. Dagegen lässt sich dasselbe nicht von der Regelmässigkeit des Kalibers sagen; dieses ist nur bei den Cyclostomata ziemlich erheblich und nimmt bei den anderen Wirbeltieren ständig und schnell ab bis zu den Säugetieren, bei welchen nur einige dieser Arterien dick sind und bemerkenswerten Anteil an der Cirkulation der Medulla nehmen, während die anderen sich in der Endorhachis verteilen und entweder in den Meningen oder in den Nerven endigen. Dies ist mit dem Umstand in Beziehung zu bringen, dass beim Aufsteigen in der Tierreihe sich auf der Medulla longitudinale Äste entwickeln, welche die Regelmässigkeit der Aa. vertebro-medullares unnötig

machen, da das an irgendwelche Stelle gebrachte Blut von einer dieser Arterien auf einer langen Strecke gleichmässig verteilt werden kann. Gerade wegen dieser Unregelmässigkeit in der Entwickelung der Aa. vertebro-medullares und dem Vorhandensein longitudinaler Stämme tritt bei den Aves und den Mammalia eine Vermehrung des Kalibers der Aa. vertebro-medullares, die in die Anschwellungen der Medulla gehen, nicht so deutlich hervor, wie bei den Amphibia urodela.

Die Aa. radicales ventrales und dorsales gesellen sich von den Amphibia bis zu den Mammalia den gleichnamigen Nervenwurzeln zu, und erreichen mit ihnen zusammen die Meninx, die das Rückenmark unmittelbar bekleidet; wenn dagegen statt einer einzigen Meninx zwei oder drei vorhanden sind, so tritt der Fall ein, dass — gerade wie die Nervenwurzeln die Meninx (Dura mater) in zwei Reihen Öffnungen durchbohren, von denen eine der ventralen Wurzel und eine der dorsalen zum Durchtritt dient — auch die Aa. radicales ventrales und die dorsales getrennt durch die Dura mater hindurchtreten; bei den Mammalia beobachtet man manchmal als Ausnahme, dass die Aa. radicales durch besondere Öffnungen der Dura mater hindurchgehen; aber immer liegen diese Öffnungen in der Nähe derjenigen, die für die Wurzeln vorhanden sind.

Wie ich anderswo gezeigt habe, bei einigen Wirbeltieren, geht die Öffnung, die einer einzigen Nervenwurzel zum Durchtritt durch die Dura mater dient, aus der Summe vieler kleiner Öffnungen hervor, von denen ein jedes ein Wurzelbündel durchtreten lässt; das ist sehr nachweisbar bei den Unpaarzehern (vergl. meine Arbeit über die Meningen, S. 137). Ich habe nicht gefunden, dass sich eine Regel in Bezug auf das Nervenbündel, das die Aa. radicales begleitet, feststellen lässt, da bald eins derselben mehr kranial und bald ein anderes mehr kaudal liegt.

Die Aa. radicales ventrales verteilen sich bei allen Wirbeltieren an der ventralen Fläche der Medulla; und da schon

die Aa. vertebro-medullares ventral von den Nerven liegen, finden sich die Aa. radicales ventrales ebenfalls ventral in Bezug auf die ventrale Wurzeln. Die Aa. radicales dorsales enden dagegen an den lateralen Flächen der Medulla, und verlaufen daher der ventralen Fläche der entsprechenden dorsalen Wurzel angelagert.

So lange die Dura mater eine sehr dünne Membran ist, bedarf sie keiner besonderen Gefässe, da diejenigen, welche sich in dem periduralen Fett oder in den nach innen von ihr gelegenen Meningen (Meninx secundaria) verteilen, indirekt für ihre Ernährung sorgen; aber wenn sie dicker und stärker wird und andererseits sich die Meninx secundaria in die Pia mater und in die Arachnoidea teilt, alsdann hat sie eigene Gefässe nötig, und diese gehen wenigstens zum Teil von den Aa. radicales ab und zwar in dem Augenblicke, in welchem dieselben durch sie hindurchtreten.

Die Aa. radicales ventrales begeben sich bis nahe an die ventrale Medianlinie und enden, indem sie sich in einen kranialen und einen kaudalen Ast teilen; auf der Strecke ihres Verlaufes, der sich auf der die Medulla umgebenden Meninx vollzieht, sind sie stets in der äussersten Schicht dieser Membran gelegen und haften ihr manchmal nur durch wenige Bälkchen an; es ist dies eine Eigentümlichkeit, die, wie wir sehen werden, dem grössten Teil der grossen oberflächlichen Gefässe gemeinsam ist.

Diese Aa. radicales fehlen niemals, aber der Grad ihrer Entwickelung ist sehr wechselnd, da sie bald dick sind und in der vorgenannten Weise endigen, bald sehr dünn — manchmal kaum mehr als Kapillaren — sind und in den Wurzeln endigen, die sie begleiten. Die Unterschiede in ihrem Kaliber beginnen schon bei den Fischen beträchtlich zu werden, bei denen es nicht leicht ist, auf der rechten und auf der linken Seite gleichmässig entwickelte Aa. radicales ventrales zu beobachten; sie sind es noch mehr bei den Amphibien und den Reptilien, besonders bei den Schlangen, bei denen zwei oder drei Paare ventraler

Wurzeln aufeinander folgen können, ohne dass sich die entsprechenden Arterien auf der Medulla zeigen; bei den Vögeln und den Säugetieren sind diese Arterien weniger unregelmässig.

Unter den Aa. radicales ventrales sind die am meisten kranial gelegenen im allgemeinen dicker als die anderen; die Gründe sind die schon bei der Aa. vertebromedullares I. genannten; hierbei muss man sich gegenwärtig halten, dass auch unter den kranialen die Aa. radicales ventrales grösser sind, als die dorsales. Bei dem Menschen sind, wie ich oben angedeutet habe, die Aa. radicales ventrales I. so dick, dass sie als Fortsetzung der Aa. vertebrales aufgefasst werden können und deshalb deren Namen erhalten. Solange die Aa. vertebro-medullares I. der Ernährung des Gehirnes dienen, sind es daher die Aa. radicales ventrales I., denen diese Aufgabe zufällt.

Die Aa. radicales dorsales (Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium bei den Cyclostomata, Pisces elasmobranchii et ganoidei) enden in den Strecken der lateralen Flächen, welche von den Ligamenta denticulata oder ihren Anlagen und den Ursprungsstellen der dorsalen Wurzeln begrenzt werden.

Diese Aa. radicales sind regelmässiger, als die ventralen; diese Regelmässigkeit erhält sich bis zu den Säugetieren, bei denen diese Arterien eine grosse Bedeutung für die Ernährung der Medulla haben. Bei den Wirbeltieren, welche das Blut für die Medulla von den Aa. radicales ventrales I. oder auch von den Aa. radicales ventrales allein (Amphibia anura, Ophidia, Insectivora, Chiroptera) empfangen, sind die Aa. radicales dorsales, die keine Bedeutung für das Rückenmark haben, äusserst dünn und verteilen sich in den dorsalen Wurzeln. Demnach besteht eine enge Beziehung zwischen dem Grad der Entwickelung dieser Arterien und ihrer Wichtigkeit für die Ernährung der Nervensubstanz.

Wenn man das Gesamtkaliber der Aa. radicales ventrales und dorsales vergleicht, so findet man, dass dasjenige

der Aa. ventrales von den Cyklostomen bis zu den Reptilien sehr gross ist, dann allmählich zu den Chelonia, zu den Krokodilen und zu den Vögeln aufsteigend verhältnismässig immer kleiner wird, so dass es kaum noch das der Aa. radicales dorsales übertrifft; und endlich vermindert es sich bei den Säugetieren so sehr, dass es dem Gesamtkaliber dieser letzteren Arterien fast gleich kommt. Da die Aa. radicales ventrales an die ventrale Fläche und die dorsales an die lateralen Flächen gehen, so geht daraus hervor, dass die ventrale Fläche im Anfang die grösste Menge des Blutes erhält, das in die Medulla geht, und, wenn man in der Tierreihe allmählich aufsteigt, immer weniger empfängt, bis schliesslich nur soviel an sie gelangt, als sich am ganzen übrigen Rückenmark verteilt; daher empfängt, trotz der Reduktion des Kalibers der Aa. ventrales, die ventrale Fläche immer noch eine grössere Menge arterielles Blut, als irgend eine der anderen Rückenmarksflächen für sich genommen.

Ich habe schon erwähnt, dass die Aa. radicales ventrales sich in die Nähe der ventralen Medianlinie oder bis an dieselbe begeben und enden durch Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast. Diese Aste vereinigen sich bei den Cyklostomen mit denen der benachbarten Aa. radicales ventrales auf derselben Seite, wobei sie zwei Tractus arteriosi primitivi bilden, von denen je einer auf jeder Seite des Ligamentum ventrale der Meninx primitiva liegt. Bei den Elasmobranchii und den Ganoidei (ich lasse in dieser Hinsicht die Teleostei ausser Betracht, da es mir bei ihnen nicht möglich gewesen ist, eine typische Anordnung festzustellen) vereinigen sich die Äste der Aa. radicales ventrales in einen einzigen unpaaren und medianen Stamm, der wegen seiner Eigenschaften den Namen A. ventralis verdient; diese Anordnung erhält sich bei den Amphibia und unter den Reptilia bei den Sauria und den Ophidia. Bei den Chelonia beginnt die Regelmässigkeit im Verlauf dieser Arterie abzunehmen, sodass der Name Tractus arteriosus ventralis für sie passend ist, und dieses Verhalten ist bei den Säugetieren noch ausgesprochener, abgesehen von den Insectivora und den Chiroptera,

bei denen das Gefäss wieder so regelmässig wird, dass es von neuem den Namen Arteria verdient.

Längs der Bahn der Arteria oder des Tractus arteriosus ventralis beobachtet man fast beständig, gewöhnlich an den Einmündungsstellen der Aa. radicales ventrales gelegene, Maschen (Circuli arteriosi); unter allen Wirbeltieren fehlen diese Maschen bei einigen Elasmobranchien, bei den Amphibien, bei den Reptilien (abgesehen von den Chelonien) und bei den Insektenfressern und den Fledermäusen unter die Säugetiere.

Ihr Vorhandensein steht unzweifelhaft mit den Endigungen der Aa. radicales ventrales in Beziehung. Kadyi (pg. 64 bis 66) hat diese Maschen zahlreich längs des Tractus arteriosus ventralis des Menschen gefunden und glaubt, dass dieser Tractus sich durch die longitudinale Verschmelzung zweier ursprünglich getrennter und paralleler Stämme bildet, und dass die Maschen dem Ausbleiben dieser Verschmelzung dieser Stämme ihre Entstehung verdanken. Auf das Vorhandensein dieser Bildungen (die er Circuli arteriosi nennt) und auf die Auffindung des doppelten Tractus ventralis in der cervikalen Säule bei Raja clavata und bei zwei Exemplaren von Emys europaea gründet auch Hofmann (1900, pg. 297 bis 299) seine damit übereinstimmende Ansicht; der unpaare Tractus ventralis der Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere lässt sich ebenso durch die Verschmelzung zweier paralleler Tractus wie durch den Umstand, dass sich nur ein einziger entwickelt hat, erklären; in diesem Falle würde der unpaare Tractus unsymmetrischen Verlauf haben. Der Grundtypus würde auf jeden Fall von zwei parallelen Gefässen gebildet sein. Gibt die vergleichende Anatomie die Berechtigung, die A. s. Tractus arteriosus ventralis in dieser Weise aufzufassen? Die Tractus arteriosi primitivi der Cyklostomen sind in der Tat mit der A. s. Tractus arteriosus impar der anderen Wirbeltiere zu vergleichen, da sie, wie wir gesehen haben, von den Anastomosen der kranialen und kaudalen Äste gebildet werden, welche die Endigungen der Aa. radicales ventrales repräsentieren; von ihnen lösen sich ein grosser

Teil der Kapillaren ab, die die ventrale Fläche der Medulla überziehen. Dies führt zu der Annahme, dass phylogenetisch, wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit, die ersten longitudinalen Arterienbahnen der Meninx primitiva paarig gewesen sind und dass beim Fortschreiten der Entwickelung aus diesem Paar sich eine einzige unpaare und mediane entwickelt hat. Auf welche Weise hat diese Umbildung stattgefunden? Die vergleichende Anatomie erlaubt nicht, auf diese Frage unbedingt zu antworten, sondern es lassen sich nur drei Hypothesen aufstellen, d. h. entweder sind die beiden ursprünglich getrennten Arterien zu einer einzigen verschmolzen (wie Kadyi und Hofmann behaupten) — oder von zwei Arterien ist eine allein erhalten geblieben, während die andere sich bis zum Verschwinden zurückgebildet hat (wie Hofmann annimmt) — oder endlich zwischen den beiden primitiven Arterien ist eine unpaare und mediane dritte aufgetreten, während die anderen atrophirt sind. Die unpaare und mediane A. ventralis der Elasmobranchii mit rhombischen Maschen in ihrem Verlauf könnte als Bestätigung der Hypothese der Verschmelzung zweier paralleler Stämme, die an den Stellen der Maschen nicht stattgefunden hat, erscheinen; die Anordnung der wenig dicken und längs einem der Ränder des Ligamentum ventrale der Meninx primitiva gelegenen A. ventralis der Ganoidei, von der Äste hervorgehen, die, nachdem sie dieses Ligament durchzogen haben, sich in der Hälfte der ventralen Fläche, welche die A. ventralis nicht enthält, verteilen, nachdem sie sich unmittelbar lateral vom ventralen Ligament durch dünne Anastomosen vereinigt haben, lässt daran denken, dass ursprünglich zwei durch das obenerwähnte Ligament von einander getrennte Tractus vorhanden waren, und das beim Fortschreiten der Entwickelung sich einer erhalten hat und von dem anderen nur Spuren geblieben sind; endlich kann das Vorhandensein rhombischer Maschen, besonders längs des Tractus arteriosus ventralis der Vögel und der Säugetiere, die keine wirkliche Unterbrechungen im Verlauf dieser Anastomosenkette repräsentieren, da sich das Gefäss auch mitten durch die Maschen fortsetzt, als

Bestätigung der dritten Hypothese vorgebracht werden, da man in diesen Fällen ausser den Vertretern der Tractus primitivi (rhombische Maschen) gleichzeitig auch einen intermediären Tractus beobachten kann. Das letzte Wort über diese Frage kann nur von der Embryologie gesprochen werden, und ich behalte mir vor, in dem zweiten Teil meiner Arbeit darauf zurückzukommen.

Die Circuli arteriosi medullares fehlen gerade bei den Wirbeltieren, bei denen das sich in der Medulla verteilende Blut, wenn auch nicht ganz, so doch zum grössten Teil von den Aa. radicales ventrales I. stammt; und auch bei diesen findet sich um gewissermassen die innige Beziehung zu dokumentieren, die zwischen den Aa. radicales und den Circuli arteriosi besteht, einer derselben gerade an der Stelle dieser Aa. radicales.

Das Kaliber der A. sive Tractus arteriosus ventralis hängt aufs engste mit dem Kaliber der Aa. radicales ventrales zusammen, abgesehen von den Fällen, in denen sie ihr Blut von den Aa. radicales ventrales I. empfängt; daher finden wir diese arterielle Bahn bei den Fischen, den Amphibien und den Reptilien sehr dick, und sehen sie bei den Vögeln und den Säugetieren allmählich wieder abnehmen. Aus den bereits angedeuteten eigentümlichen Verhältnissen, die sich bei dem Vergleich zwischen dem Gesamtkaliber der Aa. radicales ventrales und der dorsales ergeben, geht hervor, dass das Kaliber der A. s. Tractus arteriosus ventralis bei allen Wirbeltieren das der einzelnen Tractus arteriosi laterales übertrifft.

Die Bedeutung der A. s. Tractus arteriosus ventralis für die Ernährung der Medulla wechselt ausserordentlich von Klasse zu Klasse. Sie ist sehr beträchtlich bei den Cyklostomen, da von den Tractus arteriosi primitivi die zahlreichen Äste der ventralen Fläche der Medulla ausgehen; sie wird sehr klein bei den Fischen, wo die Arterie trotz ihres Kalibers nur kleine laterale Äste abgibt; sie nimmt wieder zu bei den Amphibia urodela und wird dann sehr gross bei den Amphibia

anura und bei den Sauria und den Ophidia unter den Reptilien, wo aus ihr entweder alle oder der grösste Teil der Äste entstehen, die in die Nervensubstanz hineingehen; sie beginnt von neuem bei den Chelonia und den Crocodilia abzunehmen und setzt dies stufenweise bei den Vögeln und den Säugetieren fort; ausgenommen sind, wie gewöhnlich, die Insektenfresser und die Fledermäuse, bei welchen sie die A. princeps der Medulla repräsentiert. Wir werden im folgenden sehen, wie die Bedeutung dieser arteriellen Bahn auf das Engste mit derjenigen der anderen Tractus arteriosi in Beziehung steht. Daher stehen das Kaliber und die Wichtigkeit der A. s. Tractus arteriosus ventralis von den Amphibien anfangend in enger Beziehung zu einander.

Von dem Tractus arteriosus ventralis (respektive von der A. ventralis) gehen zwei Reihen Äste, Rr. laterales und Rr. dorsales ab; bei den Cyklostomen, Fischen und Amphibia urodela beobachtet man nur Rr. laterales, bei den Amphibia anura nur Rr. dorsales, bei den Reptilien beginnen Rr. dorsales und laterales zusammen aufzutreten und dieses Verhältnis erhält sich bei den anderen Wirbeltieren.

Die Rr. laterales verteilen sich in jedem Fall auf der ventralen Fläche und überschreiten die Ligamenta denticulata nur bei den Säugetieren; ihre Bedeutung für die Ernährung des Rückenmarkes nimmt von den Cyclostomen bis zu den Amphibien ab, und nimmt wieder stufenweise zu von den Reptilien bis zu den Säugetieren.

Die Rr. dorsales dringen in die Fissura medullaris. Das Vorhandensein dieser Fissur steht in enger Beziehung zu dem dieser Aste; wie man niemals Rr. dorsales ohne Fissura medullaris findet, so beobachtet man auch niemals eine Fissura medullaris ohne das Vorhandensein von Rr. dorsales. Diese Aste beginnen bei den Amphibia anura aufzutreten und gewinnen bald die grösste Wichtigkeit für die Ernährung der Nervensubstanz, da die von ihnen abstammenden Aa. centrales die einzigen Arterien sind, die in das Rückenmark ein-

dringen; wenn man von diesen Wirbeltieren zu den Reptilien und den Vögeln übergeht, so sieht man, dass ihre Bedeutung beständig abnimmt, bis man zu den Säugetieren gelangt, bei welchen, abgesehen wie gewöhnlich von den Insektenfressern und Fledermäusen, der grösste Teil der Arterien der Nervensubstanz nicht mehr von denen der Fissura medullaris herkommt.

Deshalb ist der Grad der Entwickelung und die Wichtigkeit der Rr. dorsales Tractus arteriosi seu Arteriae ventralis umgekehrt proportional der Entwickelung und der Wichtigkeit ihrer Rr. laterales.

Die Rr. dorsales sind übrigens morphologisch den Rr. laterales gleich; sie sind nämlich in einer meningealen Falte und nicht im Innern der Nervensubstanz enthalten.

Diese Rr. dorsales verhalten sich in verschiedener Weise bei den verschiedenen Klassen; sie teilen sich nämlich bei den Amphibien und dem grössten Teil der Reptilien in zwei paarige und symmetrische Aa. centrales, die sich in den beiden Hälften der Medulla verteilen; bei den Chelonia sind von den Aa. centrales manchmal mehr als zwei vorhanden, die meistens nicht symmetrisch sind; bei den Vögeln sind es immer mehr als zwei und äusserst selten symmetrische, und wenn sich auch jeder R. dorsalis gleichzeitig in beiden Hälften der Medulla verteilt, so sind doch fast niemals soviel Äste auf der rechten wie auf der linken Seite vorhanden; endlich teilen sich die Rr. dorsales bei dem grössten Teil der Säugetiere nicht in sekundäre Äste und enden in einer der Hälften der Medulla. Hoche (S. 254) konstatiert diese letztere Endigungsweise der Rr. dorsales (oder Aa. centrales, wie er sie nennt) beim Kaninchen, beim Hund und beim Menschen und sucht sie damit zu erklären, dass sie mit dem Ursprung der A. s. Tractus arter. ventralis zusammenhängt, der zuerst doppelt ist und folglich zwei Reihen Rr. dorsales, eine für jede Hälfte der Medulla, entlässt und darauf sich zu einem einzigen unpaaren Tractus zurückbildet, während die Rr. dorsales jeder Reihe nicht mit den entsprechenden der anderen Reihe verschmelzen, sondern

weiterhin getrennt bleiben und eine Hälfte vaskularisieren. Die vergleichende Anatomie bestätigt die Hypothese von Hoche nicht; bei den Fischen, den Amphibien, den Eidechsen und den Schlangen nämlich müsste man die einseitige Verteilung der Rr. dorsales viel deutlicher antreffen, während man dagegen immer Rr. dorsales beobachtet, die sich in zwei paarige und symmetrische Aa. centrales teilen, von denen eine nach rechts und eine nach links geht. Meines Erachtens ist die Erklärung dieser Verschiedenheit der Rr. dorsales der A. s. Tractus arter. ventralis eine ganz andere. Wenn man die Verteilungsweise der Rr. dorsales ins Auge fasst, während man von den Schildkröten zu den Vögeln und von diesen zu den Säugetieren aufsteigt, so sieht man, dass ihre Äste (Aa. centrales) aus paarigen und symmetrischen zu immer zahlreicheren und unsymmetrischen werden, und das der Ursprung dieser Aa. centrales sich immer mehr dem Tractus arteriosus ventralis nähert. Wenn man sich nun vorstellt, dass diese Teilung fortfährt, sich dem eben erwähnten Tractus zu nähern, so gelangt man zu einem Moment, in welchem die Aa. centrales direkt aus diesem hervorgehen werden, gerade wie dies bei dem grössten Teil der Säugetiere der Fall ist. Folglich sind die Rr. dorsales Tractus arter. ventr. mit einseitiger Verteilung den Rr. dorsales mit bilateraler Verteilung der anderen Wirbeltiere nicht homolog, sondern den Aa. centrales dieser letzteren; den Rr. dorsales der Säugetiere (Perissodactyla, Artiodactyla, Rodentia, Carnivora, Primates, Homo) muss man daher den Namen Aa. centrales geben.

Welches ist der Grund der Mannigfaltigkeit der Entstehung der Aa. centrales? Ich meinerseits glaube, dass sie durch die Notwendigkeit einer vollkommeneren Blutcirkulation hervorgerufen worden ist, die um so grösser wird, je mehr man in der Wirbeltierreihe aufsteigt; wenn die Rr. dorsales zwei einzelne paarige und symmetrische Aa. centrales abgeben, so ist es augenscheinlich, dass in den Segmenten der Medulla, in denen sie sich verteilen, die Ernährung eine bessere sein wird, als in den dazwischen

liegenden Segmenten; bei der Vermehrung der Zahl der Aa. centrales wird der obenerwähnte Nachteil vermindert, bis schliesslich eine gleichmässige Verteilung des arteriellen Blutes längs des ganzen Rückenmarkes erreicht wird. Sicherlich würden wir eine Überfülle in der Zahl der Aa. centrales bei den Säugetieren finden, wenn sie in dieser Klasse die Bedeutung, die sie in den vorhergehenden Klassen haben, behalten hätten, und wenn nicht ein anderer Ersatz entstanden wäre, der eine Gleichmässigkeit in der Cirkulation hervorbringt.

Die Aa. radicales dorsales enden, wie ich oben erwähnt habe, ventral von den Ursprungsstellen der dorsalen Wurzeln. Bei den Cyklostomen bilden sie verschiedene Äste, die sich unregelmässig, etwa an den Stellen verteilen, an denen diese Arterien die Medulla erreichen; bei den Fischen entwickeln sich unter diesen Ästen zwei für jede Arterie stärker, ein kranialer und ein kaudaler, die so dick sind, dass sie deren Endigung repräsentieren, und die unter Bildung zweier Tractus arteriosi laterales miteinander anastomosieren. Ihr Kaliber steht in enger Beziehung zu dem der Aa. radicales dorsales, und deshalb finden wir keine derartigen Tractus bei den Amphibia anura, bei den Schlangen, bei einigen Insektenfressern und bei den Fledermäusen; sie sind bei den Schwanzlurchen und Eidechsen wenig entwickelt; dagegen sind sie bei den Fischen, bei den Schildkröten, bei den Krokodilen, bei den Vögeln und bei den anderen Säugetieren dick und kräftig.

Die Tractus arteriosi laterales sind bei allen Wirbeltieren in dem Teil der lateralen Flächen der Medulla gelegen, der zwischen den Ligamenta denticulata und den Ursprungsstellen der dorsalen Wurzeln sich befindet; allmählich verschieben sie sich beim Aufsteigen in der Tierreihe immer mehr dorsal, bis sie ganz nahe an die Ursprungsstellen dieser Wurzeln gelangen; deshalb finde ich die Bezeichnung Tractus arteriosi postero-laterales, die Kadyi (S. 68) dieser Anastomose beim Menschen gegeben hat, exakt, während ich

die von Hofmann (1900, S. 249) gebrauchte Bezeichnung Tractus arteriosi dorsales nicht für zutreffend halte.

Die Wichtigkeit der Tractus arteriosi laterales für die Ernährung der Medulla steht in direkter Beziehung zu ihrem Kaliber; wie aus den im Laufe der Arbeit gegebenen Darstellungen hervorgeht, ist sie bei den Fischen sehr gross, wird etwas geringer bei den Amphibia urodela und sehr gering bei den Reptilien; von diesen ab wird sie wieder grösser, je höher man in der Wirbeltierreihe aufsteigt, abgesehen von den gewöhnlichen öfter erwähnten Ausnahmen. Wenn man nun ihre Bedeutung mit derjenigen der A. respektive des Tractus arter. ventralis vergleicht, so findet man, dass die eine in umgekehrtem Verhältnis zu der anderen steht. Ich stimme daher mit Hofmann (1900, S. 314) nicht überein, der angibt, dass der Tractus arter. ventralis bei allen Wirbeltieren dem Rückenmark die grösste Menge Blut bringt, die zu seiner Ernährung dient; diese Behauptung ist übrigens auch durch die Untersuchungen von Kadyi beim Menschen und von Hoche beim Hund und beim Kaninchen widerlegt worden.

Die typische Form der Tractus arteriosi laterales ist die zahlreicher Arkaden mit dorsal gerichteter Konvexität (die bei den Vögeln und den Säugetieren die Grenze zwischen den lateralen Flächen und der dorsalen Fläche überschreiten kann), die ventral an den Ursprungsstellen der dorsalen Wurzeln miteinander verbunden sind. Bei einigen Fischen (Torpedo), bei denen die Wichtigkeit dieser Anastomosenketten für die Ernährung der Nervensubstanz sehr gross ist, können die Krümmungen in ihrem Verlauf bedeutend abnehmen, bis sie schliesslich geradezu geradlinig werden; in diesem Fall können sie daher Aa. laterales genannt werden.

Von den Tractus arteriosi laterales gehen zahlreiche Äste aus, die sich an den lateralen Flächen und an der dorsalen verteilen. Sie anastomosieren nur bei den höheren Wirbeltieren (Säugetieren) mit den Ästen des Tractus arteriosus ventralis; dagegen anastomosieren sie untereinander schon bei den Reptilien.

Die Aa. vertebro-medullares endigen daher auf der Medulla spinalis unter Bildung von drei Tractus arteriosi, einem unpaaren ventralen und zwei paarigen lateralen. Hofmann (1900, S. 308 und 314) sagt, nachdem er diese Tatsache festgestellt hat, dass der Grundtypus der longitudinalen Arterien der Medulla sowohl in der ventralen als in der dorsalen Fläche paarig ist. Ich erlaube mir nun zu bemerken, (was ich übrigens schon vorher S. 16 erwähnt habe), dass die Tractus dorsales von Hofmann nicht dorsales, wohl aber laterales sind, und dass sie folglich nur paarig sein können; die Gleichstellung der ventralen und dorsalen Fläche ist daher unmöglich, da auf dieser letzteren die Tractus arteriosi fehlen.

Die Äste der Tractus arteriosi bei den Vögeln und den Säugetieren vereinigen sich oft zur Bildung von Anastomosenreihen, die man, um sie von den vorhergehenden, deren Abkömmlinge sie sind, zu unterscheiden, Tractus arteriosi secundarii nennen kann. Ihre höchste Zahl beträgt 5, und sie finden sich in der Linie, in der sich die ventralen Wurzeln einer Seite vereinigen, in den dorsalen lateralen Furchen und in der dorsalen medianen Furche.

Welches ist der Grund, dass sich die zur grösseren Achse des Rückenmarkes parallelen Tractus arteriosi bilden? Augenscheinlich um eine gleichmässigere Blutversorgung längs der ganzen Medulla zu ermöglichen trotz des metameren Charakters der Aa. vertebro-medullares. Auf diese Frage werde ich später näher eingehen, nachdem ich das Prinzip dargelegt habe, nach welchem sich die Venen sammeln.

Das Verhalten der Äste, die von den Tractus arteriosi oder auch direkt von den Aa. radicales herkommen, wechselt sehr bei den verschiedenen Klassen der Wirbeltiere. Bei den Cyklostomen enden sie ausschliesslich in der Meninx primitiva, ohne in das Innere der Medulla einzudringen; bei den Fischen, bei den Amphibia urodela und auch bei einigen Reptilien (Eidechsen) enden sie zum Teil in der Meninx, die der

Medulla anhaftet, der grösste Teil aber endet im Innern der Nervensubstanz; bei den Schildkröten, bei den Krokodilen, bei den Vögeln und bei den Säugetieren endigen sie dagegen ausschliesslich im Innern der Medulla. Auf diese Weise gibt es bei den Cyklostomen nur indirekte Beziehungen zwischen Nervensubstanz und cirkulierendem Blut, später bestehen zum Teil direkte und zum Teil indirekte Beziehungen und zuletzt nur direkte Beziehungen, sodass sich die Ernährung der Nervensubstanz in immer lebhafterer Weise vollzieht. Die Canales arterio-venosi (von Sucquet), die in der menschlichen Pia mater beobachtet wurden, würden so mit Hilfe der vergleichenden Anatomie zu erklären sein.

Die Gefässe, welche die Rückenmarksflächen durchlaufen, bestehen daher aus Arterien, Kapillaren und Venen bei den Cyklostomen, bei den Fischen, bei den Amphibia urodela und bei den Sauria, und nur aus Arterien und Venen bei den anderen Reptilien, bei den Vögeln und bei den Säugetieren. Diese Gefässe ordnen sich gewöhnlich in der Weise an, dass die grösseren Gefässe mehr nach aussen und die dünneren nach innen liegen; dies steht wahrscheinlich mit dem Umstand in Beziehung, dass gerade die letzteren in die Nervensubstanz eindringen, und dass sie bei den niederen Wirbeltieren auch die Aufgabe haben, diese Substanz ganz oder zum Teil zu ernähren.

Endlich müssen wir uns gegenwärtig halten, dass die Äste der Tractus arteriosi, wenigstens bei den Vögeln und den Säugetieren, die Tendenz haben, sich in sekundäre Äste zu teilen, die sich der Längsachse des Körpers parallel anordnen und durch diese Anordnung eine gleichmässigere Blutverteilung längs des Rückenmarkes herbeiführen.

Nachdem wir die Anordnungsweise der oberflächlichen Arterien des Rückenmarkes (unter diesen sind auch die Rr. dorsales Tractus arteriosi ventralis und die Strecken der Aa. centrales der Säugetiere, die in der Fissura medullaris eingelagert sind, inbegriffen) kennen gelernt haben, interessiert es uns, nun zu untersuchen, wie die Äste dieser Ar-

terien eindringen und sich im Innern der Nervensubstanz verteilen. Diese Äste stammen aus zwei Quellen, d. h. von den Aa. centrales oder von den Aa. superficiales; die ersteren gehen vom Centrum der Medulla gegen ihre Peripherie (centrifugale Verteilung) die zweiten (Aa. perifericae) von der Peripherie nach dem Centrum (centripetale Verteilung). Die Bedeutung der einen und der anderen für die Ernährung des Rückenmarkes ist wechselnd, wie die Tabelle auf Seite 228 zeigt.

Die Prüfung der Tabelle zeigt, wie die Arterien anfangs von der Peripherie (centripetale Verteilung) in die Medulla eindringen; wie später alle von der Fissura medullaris (centrifugale Verteilung) kommen und endlich ebenso von der Peripherie wie von der Fissura medullaris (gemischte Verteilung) herkommen, wobei zuerst die centrifugale und zuletzt die centripetale Verteilung die Oberhand hat (vergl. Taf. IV). Die Art der Aufeinanderfolge dieser Cirkulationsformen bei den lebenden Wirbeltieren (wobei man sich gegenwärtig halten muss, dass bei den Cyklostomen nur Gefässe an der Peripherie der Medulla vorhanden sind) lässt vermuten, dass in der Phylogenese die ersten Arterien der Nervensubstanz centripetal gewesen sind, und dass von diesen sich die centrifugalen differenziert haben, die dann bei einigen Wirbeltieren die Oberhand über jene gewinnen. Vielleicht könnte die Entwickelungsgeschichte einiges Licht in diese Frage bringen.

Die Endigung der Aa. centrales zeigt bemerkenswerte Unterschiede bei den verschiedenen Klassen. Bei den Amphibien und bei den Reptilien nämlich enden sie durch Teilung in einen ventralen und einen dorsalen Ast, die sich in den gleichnamigen grauen Säulen verteilen, während sie schon bei den Vögeln in einen kranialen und einen kaudalen Ast endigen, von denen sekundäre Äste ausgehen, die sich in der Nervensubstanz verbreiten; bei den Säugetieren wird diese Endigungsweise geradezu typisch. Auf diese Weise wird die von den Aa. centrales zugeführte Blutmenge gleichmässig längs der ganzen

Gruppen der Wirbeltiere	Art der Arterien	Verteilung der Arterien	Herkunft der Arterien
Elasmobranchii, Ganoidei	Periphericae	Centripetal	Beinahe ausschliesslich: Tractus arteriosi laterales.
Amphibia urodela	Periphericae	Centripetal	Zum grössten Teil: Tractus arteriosi laterales.
Amphibia anura	Centrales	Centrifugal	Ausschliesslich: A. ventralis.
Sauria, Ophidia	Centrales und periphericae	Gemischt (sehr stark vorherrschend centrifugal)	Zum grössten Teil: A. ventralis, zum kleineren Teil: Endigungen der Aa. radicales dorsales.
Chelonia, Crocodilina	Centrales und periphericae	Gemischt, vorherrschend centrifugal	Zum grössten Teil: Tractus arter. ventr., zum kleineren Teil: Tractus arter. later.
Aves	Centrales und periphericae	Gemischt, wenig vorherrschend centrifugal	Zum Teil: Tractus arter. ventr., u. zum Teil: Tractus arter. laterales.
Mammalia (exklusive Insectivora und Chiroptera)	Centrales und periphericae	Gemischt, vorherrschend centripetal	Zu gleichen Teilen: Tractus arter. ventralis und Tractus arter. laterales.

Medulla verteilt, wobei der Intensitätswechsel der Cirkulation vermieden wird, der durch die zwischen den Aa. centrales bestehende Entfernung bedingt würde.

Ausserdem fehlen bei den Vögeln und den Säugetieren die ventralen und dorsalen Äste der Aa. centrales, die sich in den grauen Säulen weiterteilen, während man solche bei den Amphibien und den Reptilien beobachtet; ihr Verschwinden ist in Beziehung zu bringen mit der Vermehrung der Aa. periphericae und besonders derjenigen, die durch die Spitzen der grauen Säulen in das Rückenmark eindringen, da diese letzteren für die Blutverteilung in dem grössten Teil dieser Säulen sorgen.

Bei den Wirbeltieren mit centripetaler Verteilung verzweigen sich die Aa. periphericae vorwiegend in der grauen Substanz, obwohl sie auch Äste in die weisse schicken; bei den Wirbeltieren mit centrifugaler Verteilung gehen die Aa. centrales zuerst in die graue Substanz und an zweiter Stelle in die weisse; endlich bei den Wirbeltieren mit gemischter Verteilung verzweigen sich die Aa. centrales zuerst (Sauria) fast ausschliesslich und zuletzt (Mammalia) ganz ausschliesslich in der grauen Substanz, und die Aa. periphericae zuerst (Sauria) ausschliesslich in der weissen Substanz, und zuletzt (Mammalia) zum grössten Teil in der grauen Substanz. Bei allen Wirbeltieren verteilen sich daher die Arterien, die in das Rückenmark eindringen, zum grossen Teil in der grauen Substanz, dem Teil der Nervensubstanz, der die grösste funktionelle Bedeutung hat.

Die Arterien, welche in das Rückenmark eindringen, enden bei allen Wirbeltieren durch Teilung in Kapillaren, d. h. es sind Endigungen im Sinne von Conheim. Ihre Verteilungsweise ist im wesentlichen bei allen Wirbeltieren identisch, da sie stets Netze bilden; eine Ausnahme machen nur die Amphibia urodela und die Sauria (wenigstens zum grössten Teil), bei denen sich die Kapillaren der Medulla in Schlingen anordnen, die bei den Urodela centripetale Richtung und bei den

Sauria gemischte haben. Wie kann man sich diese verschiedene Verhaltungsweise erklären? Wenn man sich vorstellt, dass die Gefässe zuerst nur in der Meninx primitiva vorhanden sind, und dass sie sich später in dem Inneren der Medulla ausbreiten, so versteht man sofort, dass die von der Peripherie kommenden Schlingen die einfachste Anordnung, die man sich denken kann, darstellen. Alsbald nach den Schlingen mit centripetaler Anordnung würden wegen ihrer Einfachheit die Schlingen kommen, die vom Ende der Aa. centrales centrifugal ausstrahlen und demnach die Lokalisation und Centralisation der peripheren Schlingen in der Fissura medullaris darstellen. Die Kapillarnetze können als eine sekundäre Anordnung aufgefasst werden, die durch die Teilung der Schlingen in sekundäre Äste und durch Anastomose dieser Äste untereinander hervorgebracht wird. Das Vorhandensein von Kapillarnetzen, deren Maschen in unvollkommenen Schlingen zusammentreffen, die ein Zwischenstadium zwischen dem Zustand einzelner Schlingen und einzelner Netze darstellen, bestätigen diese Hypothese.

Die Kapillaren der grauen Substanz sind stets zahlreicher als die der weissen Substanz. Diese Thatsache ist schon sehr augenscheinlich bei den Fischen und tritt immer mehr hervor, je höher man in der Wirbeltierreihe aufsteigt (mit Ausnahme der Amphibia urodela), bis endlich bei den Säugetieren die Kapillaren der grauen Substanz äusserst dichte und verwickelte Maschen bilden, während die weisse Substanz von weiten und regelmässigen Maschen durchzogen ist.

Ausserdem teilen sich die in der grauen Substanz endigenden Arterien, nachdem sie schon Kapillarstruktur angenommen haben, mehrere Male, bevor sie sich in Venen sammeln; dagegen lassen die der weissen Substanz Kapillaren hervorgehen, die entweder direkt, ohne sich zu teilen, in die Venen übergehen (Vorkapillaren von Kadyi) oder sich in sehr beschränkter Weise teilen.

Endlich werden die Kapillaren der grauen Substanz, abgesehen davon, dass sie von den Fischen zu den Säugetieren auf-

steigend dichter werden, auch vollkommener, wiederum mit denselben vorher erwähnten Ausnahmen; bei den Fischen und den Amphibia anura bilden sie nämlich Maschen, deren Seiten keine deutlichen Wölbungen zeigen; bei den Reptilien (Chelonia, Crocodilia) beginnen diese Wölbungen aufzutreten, die das Kapillar länger und daher seine Beziehungen zum Nervengewebe grösser machen; bei den Vögeln werden sie immer zahlreicher und endlich bei den Säugetieren sind sie es so sehr, dass das Gesamtbild der Kapillarnetze, auch bei Beobachtung sehr dünner Schnitte, als ein unregelmässiges und kompliziertes Geflecht erscheint, in dem es sehr schwierig ist, auch nur eine einzige Masche zu finden, deren Seiten alle in der gleichen Ebene liegen.

Also wird nicht allein die grösste Menge arteriellen Blutes der grauen Substanz zugeführt, sondern das Blut geht auch innigere Beziehungen mit ihr ein, als dies in der weissen Substanz der Fall ist.

Gehen wir schliesslich zu der Prüfung der Venen über, so bemerken wir, dass sie bei den Cyklostomen nur in der Meninx primitiva entstehen und zwei Systeme, ein ventrales und ein dorsales bilden, von denen dieses mehr entwickelt ist, als jenes. Bei den Fischen, Amphibia urodela und Sauria entstehen sie zum Teil in der Meninx primitiva und zum grössten Teil in dem Innern der Medulla; bei den anderen Wirbeltieren nehmen sie nur im Innern des Rückenmarkes ihren Ursprung; dies steht in Beziehung mit der Endigungsweise der Arterien.

Die von der Medulla zurückkommenden Venen sammeln sich in centripetaler Richtung in der Fissura medullaris und lassen die Vv. centrales hervorgehen, oder gehen in centrifugaler Richtung gegen die Peripherie der Medulla und bilden die Vv. periphericae. In der auf Seite 232 folgenden Tabelle ist das Verhalten und die Bedeutung dieser Venen bei den verschiedenen Wirbeltierklassen zusammengestellt.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass beim Aufsteigen in der Wirbeltierreihe aus einem vorwiegend centrifugalen Venentypus

Gruppe der Wirbeltiere	Art der Venen	Verteilung der Venen
Elasmobranchii, Ganoidei	Periphericae	Centrifugal.
Amphibia urodela	Periphericae	Centrifugal.
Amphibia anura	Centrales und periphericae	Gemischt, beinahe ausschliesslich centrifugal.
Sauria, Ophidia	Centrales und periphericae	Gemischt, sehr stark vorherrschend centripetal
Chelonia, Crocodilina	Centrales und periphericae	Gemischt, vorwiegend centripetal
Aves	Centrales und periphericae	Gemischt, wenig vorherrschend centripetal
Mammalia	Centrales und periphericae	Gemischt, vorherrschend centrifugal.

sich allmählich ein gemischter Typus bildet, der zuerst vorwiegend centripetal und zuletzt centrifugal ist.

Wenn man nun die Richtung der Venen mit der der Arterien vergleicht, so findet man, dass sie im allgemeinen eine entgegengesetzte ist; in dieser Hinsicht machen nur die Amphibia anura eine Ausnahme bei welcher Art sowohl die Arterien, wie die oberflächlichen und tiefliegenden Venen eine ganz besondere Anordnung zeigen, die mit der Thatsache in Beziehung seht, dass es ausschliessend die Aa. vertebro medullares I[ae] sind, die dem Rückenmark das Blut zuführen. Auf Seite 203 habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass sich diese Eigentümlichkeit auch — wenn schon nicht so vollkommen ausgebildet — unter den Säugetieren bei den Chiropteren und Insektivoren findet. Die Thatsache, dass die aus der Medulla austretenden Venen im allgemeinen einen entgegengesetzten Verlauf haben wie die eintretenden Arterien, würde die bezüglich der Kapillaren gemachte Hypothese be-

stätigen, d. h. die Gefässschlingen müssten als die einfachste Form der Blutverteilung des Rückenmarkes und wahrscheinlich als diejenige, die zuerst in der Phylogenese aufgetreten ist, angesehen werden.

An die Oberfläche der Medulla gelangt, vereinigen sich die Venen zu Sammelgefässen, von denen die Emmissarien entspringen, die das Blut dem allgemeinen Kreislaufsystem zuführen. Bei den Cyklostomen sind die Venen zahlreicher an der dorsalen Fläche als an der ventralen und längs der dorsalen Medianlinie durch eine dünne Anastomose untereinander verbunden. Auch bei den Elasmobranchii und Ganoidei findet sich die grösste Menge der Venen noch an der dorsalen Fläche und sammelt sich in einem unpaaren und medianen Stamm (V. dorsalis) oder gruppiert sich auch zu zahlreichen radialen Systemen, die direkt in die Sinus endorhachidis münden; die ventralen Venen sind seitlich von der A. ventralis begrenzt durch zwei Vv. limitantes. Bei den Amphibia urodela bilden die Vv. periphericae, die an der ventralen Fläche der Medulla ausmünden, ein System von Gefässen, das getrennt ist von denen, die an den anderen Flächen ausmünden und sich zu einer starken V. dorsalis vereinigen. Bei den Amphibia anura, bei denen die Vv. periphericae die Vorherrschaft gewinnen, sammeln sich diese sämtlich an der dorsalen Fläche, die zu einer rein venösen wird und lassen radiale Systeme hervorgehen, von denen Stämme abgehen, die in die Vv. processi vertebralis der ductus endolymphatici münden. Bei den Sauriern münden die sehr entwickelten centripetalen Venen im Grunde der Fissura medullaris in eine dicke V. fissurae medullaris; die centrifugalen vereinigen sich dagegen in Vv. laterales. Bei den Chelonia und den Crocodilia vereinigen sich die centripetalen und centrifugalen Venen weiterhin in zwei getrennten longitudinalen Systemen; die ersteren münden in zwei Reihen ventraler Venen in der Nähe der A. ventralis, die zweiten in laterale Systeme. Bei den Vögeln erweisen sich diese Anordnungen noch viel ausgesprochener, und ausser dem longitudinalen ventralen

System und den lateralen Systemen bildet sich ein dorsales unpaares und medianes Längssystem. Endlich finden wir bei den Säugetieren — wie gewöhnlich, abgesehen von den Insektenfressern und den Fledermäusen — alle Venensysteme der Vögel ausser den zwei ventro-lateralen Systemen, von denen bei den Vögeln ziemliche deutliche Anzeichen vorhanden waren, höher entwickelt wieder.

Wenn man nun diese Formen der oberflächlichen Venen mit der Verteilung der tieferen Gefässe vergleicht, so beobachtet man, dass, wenn die centrifugale Venenverteilung vorwiegt, die Venen der dorsalen Fläche und die der lateralen Flächen mehr entwickelt sind; im entgegengesetzten Falle sind die ventralen Venen grösser; d. h. die venösen Sammelstämme bilden sich vorzugsweise an den Flächen des Rückenmarkes, an welchen die grösste Zahl der Venen ausmündet, die diese Stämme bilden.

Das longitudinale System der dorsalen Fläche ist unpaar und liegt längs der Medianlinie; Hofmann (1901, S. 289) behauptet das Gegenteil, aber er hält die Vv. laterales s. dorsolaterales für dorsales. Das System der ventralen Fläche, deren Medianlinie von der A. s. Tractus arter. ventralis durchzogen ist, ist dagegen paarig, d. h. es ist aus zwei Venenreihen gebildet, die zu beiden Seiten der Arterie liegen. Die Rückenmarksvenen verhalten sich in dieser Beziehung in wesentlich gleicher Weise wie die anderen Venen des Organismus; man muss nur von den Sauria und den Ophidia absehen, bei denen die Venen ventral einen unpaaren Stamm bilden (dieser liegt alsdann aber nicht im Eingang, sondern im Grunde der Fissura medullaris) und von den Rodentia unter den Mammalia, bei denen man häufig eine Reihe von Vv. ventrales beobachtet. Aber auch in diesem Falle liegen diese Venen bald rechts, bald links von der A. ventralis, indem sie auf diese Weise zeigen, dass es sich in Wirklichkeit um zwei paarige Reihen handelt, deren Venen sich nicht gleichmässig entwickelt haben, sondern bald auf der einen, bald auf der

anderen Seite. Hofmann (1901, S. 281), der die innige Beziehung zwischen Vv. medianae ventrales und Vv. centrales nicht kennt, sagt, dass das ventrale Venensystem bald in der Nähe der Medianlinie, bald entfernt von ihr liegt; die Beispiele, die er aufführt um diese Behauptung zu beweisen, zeigen, dass er das mediane ventrale System mit den ventrolateralen Systemen verwechselt hat.

Was die Reihenfolge des Auftretens betrifft, so ist das mediane dorsale System dasjenige, welches sich zuerst bildet; von ihm finden sich schon Andeutungen bei den Cyklostomen. Alsbald nachher kommt das ventrale System, welches man zuerst bei den Fischen antrifft und das von da ab niemals bei den Wirbeltieren fehlt; gleichzeitig oder wenig später treten die lateralen Systeme auf und zuletzt die ventro-lateralen Systeme. Nach Hofmann (1901, S. 280) soll man diese letzteren schon bei Acanthias vulgaris beobachten; dies geht jedoch nicht aus seiner Beschreibung (1901, S. 246) hervor und andererseits ist es mir niemals gelungen, sie aufzufinden.

Wenn nur ein einziges Venensystem vorhanden und dieses sehr bedeutend ist, wird es von einer wirklichen, durch die Regelmässigkeit ihres Verlaufs bemerkenswerten, Vene gebildet; wenn ihrer wenige aber sehr bedeutende vorhanden sind, so werden sie von Tractus venosi gebildet; endlich, wenn es ihrer viele sind, von denen jedes für sich genommen keine wesentliche Bedeutung für die Rückenmarkscirkulation hat, werden sie von longitudinalen Venen, die nicht untereinander anastomosieren, gebildet.

Darum entstehen, gerade wie sich longitudinale Arteriensysteme an der Rückenmarksoberfläche bilden, auch Venensysteme, die in gleicher Weise longitudinal angeordnet sind; besonders bei den Säugetieren teilen sich die von diesen Systemen kommenden Aste auch im Innern der Medulla longitudinal. Ohne das Vorhandensein longitudinaler Stämme würde sich der metamere Charakter der Aa. und Vv. radicales auf der Medulla sehr stark fühlbar machen, durch Unterschiede in der Qualität

und in der Intensität der Cirkulation, wie sich solche in der That in dem Rückenmark der Cyklostomen bemerkbar machen; je grösser die Zahl und die Wichtigkeit der longitudinalen Stämme ist, um so gleichmässiger wird der Zufluss und der Abfluss des Blutes der Medulla sein.

Von den Venen, die an der Rückenmarksoberfläche verlaufen, gehen Emissarien aus, die deren Blut sammeln. Sie bilden zuerst (Fische) zwei Reihen, eine auf jeder Seite, welche sich den dorsalen Wurzeln zugesellen und deshalb den Namen Vv. radicales dorsales verdienen. Von den Amphibia urodela beginnend, beobachtet man zusammen mit den eben erwähnten Venen zwei andere Paare, welche die ventralen Wurzeln begleiten und deshalb die Bezeichnung Vv. radicales ventrales verdienen; diese Venen fehlen nur bei den Amphibia anura vollständig, bei denen sich die Anordnung der Fische wiederholt.

Bei einigen Wirbeltieren (Acanthias vulgaris, Rana) vereinigen sich die Venen, die aus der Medulla kommen, anstatt dass sie sich in Vv. radicales sammeln, zu mehr oder weniger zahlreichen Stämmen, die den perimeningealen Raum durchziehen und in die Sinus endorhachidis einmünden (bei Rana enden sie dagegen wegen einer besonderen Art des Verhaltens der Ductus endolymphatici in die Venen eines Divertikels dieser Gänge, welcher in den Wirbelkanal eindringt). Bei den anderen Wirbeltieren finden sich manchmal Venen, aber immer sehr dünne, die die Auszackungen der Ligamenta denticulata begleiten und mittelst derselben mit den Sinus endorhachidis in Verbindung treten; in der Gegend des Atlas-Occipitalgelenkes findet man häufig meningeale Venen, die in den Sinus foraminis occipitalis magni münden. Diese Verhältnisse lassen sich gar nicht anders erklären als durch eine Wiederkehr der innigen Beziehungen, die wahrscheinlich in der ersten Zeit ihrer Entstehung zwischen meningealen Venen und Venen der Endorhachis bestanden; solange nämlich die Meningen und die Endorhachis nur durch eine einzige Bindegewebsschicht dargestellt werden, die das Rückenmark von den Wänden des Wirbelkanals trennt, ist anzunehmen, dass gerade

wie es keinen Unterschied zwischen Meningen und Endorhachis gibt, so auch kein solcher zwischen den künftigen Sinus endorhachidis und den meningealen Venen besteht. Die Entwickelung der Gefässe des Rückenmarkes wird uns sagen, was an dieser Hypothese Wahres ist.

Wie es einzelne Wirbeltiere gibt, bei denen das Blut, das sich an die Medulla verteilt, ganz oder zum grossen Teil von den Aa vertebro-medullares I. stammt, so gibt es auch solche, bei denen sich das Blut, das aus dem Rückenmark kommt, statt sich metamerisch längs der Nervenwurzeln zu verteilen, ganz oder zum Teil in Venen des Kopfes sammelt. Meistens findet man auch, dass gerade bei den Wirbeltieren, bei denen das Blut der Medulla von den Aa. vertebro-medullares I. stammt (Amphibia anura, Insectivora), dieses Blut, nachdem es im Rückenmark cirkuliert hat, nach dem Kopf zurückkehrt.

Die Vv. radicales dorsales haben grösseres Kaliber und sind regelmässiger entwickelt, als die Vv. ventrales bei den Wirbeltieren, bei denen die centrifugalen Venen über die centripetalen vorherrschen, oder bei denen diese letzteren fehlen; im umgekehrten Falle findet nicht immer das Gegenteil statt, da es Wirbeltiere gibt (Amphibia anura), bei denen auch das Blut der Vv. centrales entweder ganz oder zum Teil in Vv. radicales dorsales mündet.

Die Vv. radicales ventrales und dorsales verlaufen den gleichnamigen Flächen der Wurzeln angelagert; das kommt daher, dass die Vv. radicales ventrales, weil sie ursprünglich von Venen der ventralen Fläche der Medulla stammen, auch derjenigen Fläche der Wurzel angelagert bleiben, welche in die ventrale Fläche der Medulla übergeht. Das gleiche findet statt für die Vv. radicales dorsales, die von der dorsalen Fläche stammen.

Dieselben Bemerkungen, die in Bezug auf die Aa. radicales hinsichtlich ihres Durchtrittes durch die Dura mater gemacht worden sind, lassen sich in Bezug auf die Vv. radicales wiederholen.

Ausserhalb der Dura mater vereinigen sich — aus Gründen, die wir schon auseinandergesetzt haben, als von der Teilung der Aa. vertebro-medullares die Rede war — die Vv. radicales ventrales und dorsales zu Stämmen, die innige Beziehungen mit den Sinus endorhachidis eingehen und dann aus dem Wirbelkanal austreten.

Die bei der Gesamtheit der Wirbeltiere gefundenen Verhältnisse lassen an den Rückenmarksgefässen die drei folgenden Hauptcharakterzüge erkennen:

a) Der segmentäre Charakter der Rückenmarksgefässe, die durch die Metamerie der Aa. und Vv. vertebro-medullares bedingt ist, nimmt in der Stufenreihe der Tiere allmählich ab; auf diese Weise wird die Blutcirkulation längs des ganzen Rückenmarkes gleichförmiger.

b) Die Beziehungen zwischen cirkulierendem Blut und Nervensubstanz sind um so inniger, je höher man in der Wirbeltierreihe hinaufsteigt, da die Kapillarisation, die im Anfang von der Peripherie her stattfindet, sich zuletzt ausschliesslich im Innern der Medulla vollzieht.

c) Die Blutcirkulation ist um so enger mit der funktionellen Wichtigkeit der das Rückenmark bildenden Elemente verknüpft, je komplizierter der anatomische Bau dieses Organes wird.

Diese drei Charakterzüge gestatten es, wie mir scheint, folgenden Satz aufzustellen: Die Blutgefässe des Rückenmarkes verteilen sich in der Weise, dass sie eine umso bessere Ernährung der Nervensubstanz zu stande bringen, je höher man in der Tierreihe aufwärts steigt.

II. Teil.

Entwickelung der Blutgefässe des Rückenmarks.

Kap. I.

Pisces.

Der einzige, der einige Bemerkungen über die Entwickelung der Rückenmarksgefässe der Fische macht, ist Mayer (S. 320); er gibt an, dass die A. ventralis bei 30 mm langen Embryonen von Scyllium stellare fehlt, und dass sie in weiter vorgeschrittenen Stadien deutlich unpaar ist. Bei Embryonen von Torpedo beobachtet man zuerst zwei Aa. ventrales, die nahe bei einander liegen, in weiter vorgeschrittenen Stadien findet sich dagegen nur eine unpaare und mediane, die aus der Verschmelzung der beiden vorhergehenden entsteht.

Ich habe die Entwickelung der Rückenmarksgefässe bei Acanthias vulgaris, bei Mustelus laevis und bei Torpedo marmorata studiert, indem ich Serien von Quer-, Frontal- und Sagittalschnitten untersuchte. Durch Unterbindung des Nabelstranges, habe ich zu erreichen gesucht, dass die Gefässe mit Blut gefüllt erhalten wurden.

Die Beschreibungen beziehen sich auf das Segment der Medulla, das den Brustflossen entspricht; wenn sie andere Segmente der Medulla betreffen, wird dies besonders bemerkt werden; das muss hervorgehoben worden, weil nach dem

Schwanz zu immer einfachere Verhältnisse gefunden werden, welche an Eigentümlickkeiten der Stadien erinnern, die dem gerade untersuchten vorhergehen.

Acanthias vulgaris.

Embryo von 21 mm Länge. — Von den Rr. dorsales aa. segmentalium dringen Arterien in den Wirbelkanal ein, die wie beim ausgewachsenen Tiere den Namen Aa. vertebro-medullares verdienen.[1]) Sie verlaufen medial von den ventralen Wurzeln der Nerven, von der Chordascheide durch eine dicke Bindegewebsschicht getrennt; sie erreichen dann das Achsenmesenchym, das um die Medulla liegt, und spalten sich in Äste, die sich besonders an den lateralen Flächen des Marks in dem Mesenchymgewebe, das sie von der Anlage der Ganglien trennt, verteilen.

Demnach ist die Dorsalfläche und die Ventralfläche vollständig ohne Gefässe: diese beiden Flächen bestehen nur aus einer einzigen Schicht von Epitelialzellen, während die lateralen Flächen von vielen Zellenschichten gebildet werden.

Die Äste der Aa. vertebro-medullares zeigen ansehnliches und sehr regelmässiges Kaliber und bestehen, wie die Arterien selbst, aus einer einfachen Endothelschicht. Das Blut, das sie führen, sammelt sich in regelmässigen metameren Stämmen, welche mit den Aa. vertebro-medullares abwechseln, da sie sich den dorsalen Wurzeln der Nerven zugesellen.

Die Ernährung der Nervensubstanz geschieht auf indirekte Weise durch oberflächliche Gefässe; in diesem Stadium ist das Rückenmark eins der am reichlichsten mit Blut versorgten Organe.

---

1) In den Lehrbüchern der Embryologie werden diese Arterien mit dem Namen Rr. spinales ramorum dorsalium arteriarum segmentalium benannt; die Bezeichnung spinales ist aus den auf Seite 13 vorgeführten Gründen nicht genau. Wie in der vergleichenden Anatomie scheint mir der Ausdruck vertebro-medullares für die Bezeichnung dieser Arterien der passendste zu sein.

Embryo von 23 mm Länge. — Die Gefässe zeigen ähnliche Verhältnisse wie die des vorhergehenden Stadiums.

Die Aa. vertebro-medullares enden durch Teilung in Rr. ventrales und Rr. dorsales. Die ersteren begeben sich in das Bindegewebe, das die Chordascheide von dem Mark trennt, und teilen sich weiter in sekundäre Äste, wobei sie ein Netz mit rundlichen Maschen bilden, das an den Seiten der Linea mediana aufhört, sodass das mittlere Drittel der ventralen Fläche ohne Gefässe ist. Die Rr. dorsales teilen sich ihrerseits in kleinere Äste, die in einem Netz enden, das viel dichter ist, als das vorige; es hört an der Linie auf, welche die dorsalen Wurzeln der Nerven untereinander verbindet.

Da die Ganglien in diesem Stadium ein wenig ventral- und lateralwärts verschoben sind und daher die Mesenchymschicht, die sie von der Medulla trennt, grösser ist, kann man beobachten, wie sich in dem von den ventralen und dorsalen Wurzeln eingeschlossenen Raum Venen vereinigen, die von den ventralen und von den lateralen Netzen herstammen; die ersteren sind klein, die zweiten dagegen sehr gross. Den aus ihrer Vereinigung entstandenen Stämmen kann man den Namen Vv. vertebro-medullares geben.

Embryo von 28,5 mm Länge. — Die Rr. ventrales der Aa. vertebro-medullares sind so ansehnlich, dass sie als die direkte Fortsetzung dieser Arterien erscheinen; sie verlaufen transversal bis zu dem Winkel, der durch das Zusammentreffen der ventralen Fläche des Marks mit der Chordascheide gebildet wird, und teilen sich dann T förmig in zwei dicke sekundäre Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die einen gegen die Linia mediana etwas schrägen Verlauf haben. Im Halsteil anastomosieren sie häufig untereinander unter Bildung von Arkaden mit medial gerichteter Konvexität; im Rückenteil und im Schwanz habe ich derartige Anastomosen niemals gefunden. Es bilden sich auf diese Weise zwei Reihen longitudinaler Arterien, die voneinander durch einen 0,10 mm breiten Zwischenraum getrennt sind, der genau der Bodenplatte des Rückenmarks entspricht.

Von den eben beschriebenen Längsarterien gehen keine medialen Äste ab, sodass die zwischen ihnen vorhandene Strecke ohne Gefässe ist. Dagegen lassen sie zahlreiche und dicke laterale Äste entstehen, die unter Teilung in sekundäre Äste über die ventrale Fläche ziehen.

Die Rr. dorsales der Aa. vertebro-medullares setzen ihre Verteilung auf den lateralen Flächen des Rückenmarkes fort; sie bilden ein Netz, das auch die seitlicheren Teile der dorsalen Fläche einnimmt. Die Venen, die daraus entstehen, verlaufen — häufig durch Längsstämme miteinander verbunden — zwischen den dorsalen Wurzeln und dem Mark.

Diesem fehlen im Innern noch die Gefässe: jedoch in Beziehung zu den Spitzen der Anlagen der ventralen grauen Säulen beobachtet man einige kurze Ausläufer aus verlängerten Bindegewebszellen gebildet, die offenbar in Bildung begriffene Blutgefässe vorstellen.

Die oberflächlichen Gefässe lagern in einer einzigen Schicht, sodass es rein arterielle Teile der Oberfläche giebt (wie die medialen Teile der lateralen Drittel der ventralen Fläche und die Teile der lateralen Fläche, die um die Endigungen der Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium herum liegen) und andere rein venöse Teile (wie die lateralen Teile der ventralen Fläche und die dorsale Fläche).

Embryo von 34 mm Länge. — Die beiden aus der T förmigen Teilung der Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium entstandenen Parallelreihen werden durch zwei Tractus arteriosi ersetzt, die dadurch entstanden sind, dass einer der parallelen Stämme in die unmittelbar oberhalb und unterhalb liegenden Stämme einmündet. Ich nenne sie Tractus arteriosi primitivi wegen ihrer Bedeutung. Sie sind nicht völlig geradlinig, sondern zeigen noch deutliche Spuren ihres ursprünglich bogenförmigen Verlaufes, der so deutlich in dem vorigen Stadium hervortrat; sie haben einen Querschnitt von der Form einer Ellipse, deren grosse Achse transversal gerichtet ist, gerade so, als ob sie zwischen dem Mark und der Chordascheide zusammengedrückt wären. Der

Tractus der rechten Seite kommuniziert nicht mit dem der linken, sodass der zwischen ihnen liegende Teil der ventralen Fläche vollständig ohne Gefässe ist. Von den Tractus arteriosi primitivi gehen zahlreiche laterale Gefässe aus, die sich auf ihrem Wege ständig weiterverzweigen und sich vor den Ligamenta denticulata an der ventralen Fläche und an den lateralen Flächen des Marks verteilen.

Die Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium sind kräftig und entstehen im perimedullaren Mesenchym (in diesem Stadium, in dem die ersten Anlagen der Wirbelbogen aufgetreten sind, hat sich von dem übrigen Achsenmesenchym der Teil abgegrenzt, der die Meningen und die Endorhachis entstehen lässt, weshalb ich ihm den Namen perimedullares Mesenchym gegeben habe); dann verlaufen sie dorsalwärts zwischen der Medulla und den Anlagen der Wirbelbögen hindurch und verteilen sich an den lateralen Flächen und der Dorsalfläche unter Bildung eines an den Knotenpunkten erweiterten, aus weiten Kapillaren bestehenden Netzes.

Das Netz, das aus den Rr. laterales Tractuum arter. primitivorum und aus den Rr. ventrales Aa. vertebro-medullarium entsteht, zeigt in transversaler Richtung verlängerte Maschen, die feiner sind als im vorigen Stadium; es endet an den Seiten der Ventralfläche, indem es in Venen übergeht. Das von den Endigungen der Rr. dorsales Aa. vertebro-medullarium gebildete Netz ist dichter als das vorige und nimmt die ganze Dorsalfläche und einen Teil der lateralen Flächen ein; die Gefässe, die es bilden, sind dicker als die des ventralen Netzes. Während in dem letzteren viel aus den Tractus arteriosi primitivi stammendes arterielles Blut fliesst, ist in jenen nur wenig arterielles Blut vorhanden, wie das Kaliber der Rr. dorsales Aa. vertebro-medull. beweist; da nun das dorsale Netz ausgedehnter und dichter ist als das ventrale, ergiebt sich, dass die Blutcirkulation an der dorsalen Fläche sehr langsam und daher wenig wirksam sein muss.

Aus dem eben beschriebenen Netz entstehen Venen; die dicksten derselben sind die des dorsalen Netzes; sie wechseln

mit den Arterien ab und lassen durch ihre Vereinigung mit den ventralen Venen Stämme entstehen, die aus dem Wirbelkanal austreten; auf sie passt der Name Vv. vertebro medullares.

In das Rückenmark dringen in die Anlagen der ventralen grauen Säulen kleine Blutgefässe ein, die in der grauen Substanz sich verzweigen.

Embryo von 50 mm Länge. — Die Anlagen der Wirbel sind vollständig und das Mesenchyma perimedullare hat sich in die Meninx primitiva und in die Endorhachis differenziert, die ventral durch das Spatium perimeningeum voneinander getrennt sind.

Die Rr. ventrales aa. vertebro-medull. durchziehen in leicht gewundenem Verlauf die ventrale Fläche des Marks und erreichen, ohne Kollateraläste abzugeben, die Linea mediana ventralis, wo sie in eine dicke, unpaare Arterie einmünden, die die Tractus arteriosi primitivi des vorigen Stadiums, von denen sich nun keine Spur mehr findet, ersetzt. Wie lässt sich nun das Verschwinden dieser Anastomosenketten und das Auftreten dieses unpaaren Stammes, welcher der A. ventralis des ausgewachsenen Tieres entspricht, erklären? Das Fehlen von Embryonen in den Zwischenstadien von 35 mm bis 50 mm erlaubt mir nicht, meine Behauptung durch exakte Befunde zu belegen; aber die an Mustelus und Torpedo angestellten Beobachtungen und das Fehlen jeder Spur der Tractus arteriosi primitivi erlauben mir doch, es als eine wenigstens sehr wahrscheinliche Hypothese hinzustellen, dass die beiden Tractus arteriosi primitivi sich einander nach und nach genähert haben und schliesslich miteinander verschmolzen sind; diese Hypothese wird bestätigt durch die Thatsache, dass die Rr. ventrales aa. vertebro-medullarium jetzt in die A. ventralis münden und dass von dieser die Rr. laterales entspringen, die im vorigen Stadium von den Tractus arteriosi primitivi abgingen.

Die Rr. dorsales aa. vertebro-medullarium teilen sich, sobald sie zwischen die Anlagen der Ligamenta denti-

culata und die Linie gelangt sind, welche die Ursprungsstellen der dorsalen Wurzeln miteinander verbindet, in zwei Aste, einen kranialen und einen kaudalen, die am Halse mit ähnlichen Nachbarästen anastomosieren und so zwei Tractus arteriosi laterales bilden; von ihnen gehen Rr. dorsales und ventrales ab, die sich an den gleichnamigen Flächen der Medulla verteilen.

Wie im vorigen Stadium wird die Peripherie der Medulla von einem dichten, aus den Ästen der Tractus art. lateralis und von der A. ventralis gebildeten Netze durchzogen; dieses hat ähnliche Charaktere, wie die bei dem Embryo von 35 mm angegebenen, nur sind die Gefässe, welche es bilden, im allgemeinen kleiner. Doch ist die Verteilung des arteriellen Blutes gleichförmiger, da nicht nur drei longitudinale arterielle Bahnen vorhanden sind, sondern auch die von diesen abgehenden Äste zahlreicher sind und die Äste der A. ventralis bis in das laterale Drittel der ventralen Fläche vordringen und so die rein venöse Cirkulation, die hier noch im vorigen Stadium bestand, zu einer gemischten machen; in derselben Weise verhalten sich die Rr. dorsales tractuum arter. lateralium an der dorsalen Fläche.

Die aus diesen Netzen hervorgehenden Venen vereinigen sich zu grösseren Stämmen, die während ihres Durchganges zwischen der Meninx und der Endorhachis in die Vv. vertebromedullares einmünden. Sehr interessant ist für die Bedeutung dieser Venen der Weg, den sie einschlagen; bei einer Länge von 50 mm ist die Anlage der Meninx primitiva nur ventral deutlich von derjenigen der Endorhachis getrennt, während lateral und noch mehr dorsal diese beiden Anlagen nicht bestimmt voneinander geschieden sind; die kleineren Venen finden sich zusammen mit den Arterienverzweigungen in der Anlage der Meninx; die dickeren Venen finden sich dagegen nach aussen von den vorigen, der Anlage der Endorhachis angelagert. Die ersteren sind als die Venen der Medulla zu betrachten, die zweiten dagegen als die Vertreter der Sinus endorhachidis beim ausgewachsenen Tiere.

Die Blutgefässe der Nervensubstanz sind zahlreicher geworden. Einige davon kommen von den lateralen Flächen her, und alle in der grauen Substanz eindringen.

Der Mangel geeigneten Materials hat mir nicht gestattet, die successive Entwickelung dieser Gefässe bei Acanthias zu studieren; zur Ergänzung werde ich deshalb die bei Mustelus laevis und Torpedo ocellata gemachten Untersuchungen vorführen.

Mustelus laevis.

Embryo von 40 mm Länge. — Erst in diesem Stadium beginnen es bemerkenswerte Unterschiede gegen die bei Acanthias gefundenen Verhältnisse hervorzutreten: in Embryonen von 20 mm Länge bemerkt man keine nennenswerten Verschiedenheiten gegen die von Acanthias von 21 mm Länge.

Die Rr. dorsales aa. segmentalium geben, sobald sie die Höhe der Öffnungen erreicht haben, aus denen die ventralen Wurzeln der Nerven austreten, einen ansehnlichen Ast ab, der die ventralen Wurzeln begleitet und deshalb A. vertebro-medullaris ventralis genannt zu werden verdient. Dann setzen sie ihre Bahn fort, indem sie auf der äusseren Fläche der Wirbelbogen verlaufen; unmittelbar ventral von der Linie, welche die Öffnungen, aus denen die dorsalen Wurzeln austreten, untereinander verbindet, lassen sie einen zweiten Ast entstehen, der sich auch an dem Mark und der Endorhachis verteilt; mir scheint es deshalb angebracht, ihn mit dem Namen A. vertebro-medullaris dorsalis zu bezeichnen.

Die A. vertebro-medull. ventralis biegt sich, sobald sie das perimedullare Mesenchym erreicht — das sich durch das Auftreten der Wirbelanlagen von dem Achsenmesenchym differenziert hat — ventralwärts um und begiebt sich zwischen das Mark und die Chordascheide. Ihr Kaliber beträgt im Mittel 0,032 mm und bleibt regelmässig auf ihrer ganzen Bahn; ihr Querschnitt entspricht einer Ellipse, deren grosse Achse sagittal verläuft; ihr Verlauf ist transversal zur Körperachse und leicht gewunden. Sie mündet schliesslich jederseits in einen Tractus

arteriosus primitivus, der verhältnismässig dicker ist als die bei dem 34 mm langen Embryo von Acanthias beschriebenen Tractus sind.

Die Tractus arter. primit. zeigen den gleichen Charakter wie der eben erwähnte Embryo, sie sind jedoch einander sehr genähert (vergl. Fig. 11 im Text), da sie im Mittel kaum 0,004—0,006 mm voneinander entfernt sind; an vielen Strecken stehen sie direkt miteinander in Berührung und an anderen tritt ein einziger unpaarer und medianer, sehr dicker und ventralwärts zusammengedrückter Stamm an ihre Stelle.

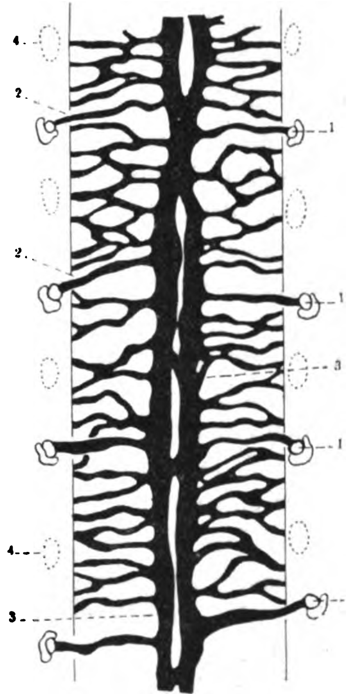


Fig. 11.

Blutgefässe der ventralen Fläche des Rückenmarks von Mustelus laevis von 40 mm Länge (Vergr. 55 fach). — 1. Ramus dorsalis arteriae segmentalis, 2. A. vertebro-medullaris ventralis, 3. Tractus arteriosi primitivi, 4. Ganglia intervertebralia.

Wenn die beiden Tractus art. primit. zu einem einzigen Stamm verschmolzen sind, dann ist die innere Wand dieses letzteren manchmal glatt und zeigt gar keine Besonderheit, ein anderes Mal zeigt sie dagegen ventral und dorsal zwei mediane Sporne, die oft durch Bindegewebsbälkchen miteinander verbunden sind. Das beweist, dass der einzige Stamm aus der partiellen Verschmelzung von zwei Tractus primitivi entsteht. Die Rr. laterales dieser Tractus oder des unpaaren Stammes, der an seine Stelle tritt, verteilen sich an den ventralen und den lateralen Flächen unter Bildung eines Netzes mit transversal gerichteten Maschen.

Die A. vertebro-medullaris dorsalis ist, nachdem sie durch ein eigenes Orificium, das von den Durchtrittsöffnungen

zweier aufeinander folgender dorsalen Wurzeln gleich weit entfernt und ein wenig ventral von demselben liegt, in den Wirbelkanal eingetreten ist, sehr dünn und teilt sich, sobald sie die Oberfläche des Markes erreicht hat, in zahlreiche Äste, die in einem an dem höchsten Teil dieser Fläche gelegenen dichten Netz enden.

Dünne Venen begleiten die ventralen Wurzeln; der grösste Teil des Blutes wird jedoch von dicken Stämmen gesammelt, die zusammen mit den dorsalen Wurzeln der Nerven austreten.

In diesem Stadium beginnen die Gefässe auch in das Innere des Markes einzutreten; sie stammen von der ventralen Fläche und von den lateralen. Die ersteren haben einen deutlicher ausgesprochenen segmentären Charakter als die zweiten und sind paarig und symmetrisch; sie senken sich in die Nervensubstanz an der Grenze zwischen dem mittleren Drittel und den lateralen Dritteln der ventralen Fläche und wenden sich bogenförmig mit median gerichteter Konvexität gegen die Seiten des Centralkanals; sie enden knopfförmig in wechselnder Höhe, die jedoch meistens der Mitte der Anlagen der ventralen grauen Hörner entspricht.

Die Äste, die von den lateralen Flächen herstammen, sind nicht paarig und symmetrisch; meistens wechseln sie mit den vorigen ab. Ihre Eintrittsstellen liegen unmittelbar ventral von der Linie, welche die Ursprünge der dorsalen Wurzeln untereinander verbindet; sie verlaufen unterhalb der Anlagen der dorsalen grauen Hörner, biegen sich dann ventralwärts und enden an den Seiten des Centralkanals unmittelbar oberhalb der Anlagen der ventralen grauen Hörner.

Embryo von 60 mm Länge. — Das perimedullare Gewebe hat sich getrennt in die Anlage der Endorhachis und in die der Meninx primitiva.

Die Aa. vertebro-medullares ventrales ziehen nach Abgabe von dünnen Ästen, die sich an der entsprechenden lateralen Fläche verteilen, quer über die ventrale Fläche und münden schliesslich unter wechselndem Winkel — meistens unter

ungefähr 90° — in eine dicke A. ventralis, die der Linea mediana ventralis des Rückenmarks entlang läuft.

Die A. ventralis beginnt am Foramen occipitale magnum und bleibt ungeteilt und ununterbrochen bis in die Cauda hinein. Auf ihrer ganzen Bahn habe ich niemals Maschen gefunden. Sie ist in frontaler Richtung stark zusammengedrückt, misst in der Breite im Durchschnitt 0,054 mm und in der Dicke 0,012 mm. Sie liegt in einer sehr oberflächlichen Furche der Medulla, und an der ihr entsprechenden Stelle enden die Fortsätze der Ependymzellen, welche die Bodenplatte bilden. Aus ihr entstehen zahlreiche laterale Ästchen, die sich an der ventralen Fläche verzweigen unter Bildung eines Netzes, dessen Maschen feiner sind als im vorigen Stadium. Bei 60 mm Länge hat sich also die Verschmelzung der beiden Tractus arter. primitivi, die man bei dem Embryo von 40 mm an einigen Strecken beobachtet, ganz vollzogen.

Die Aa. vertebro-medullares dorsales enden zum grössten Teil an den lateralen Flächen; sie bilden ein sehr dichtes Netz, dessen Maschen mit denen des auf der ventralen Fläche beschriebenen Netzes anastomosieren und in dieselben übergehen.

Aus den oberflächlichen Netzen entspringen Venen, welche zu immer ansehnlicheren Stämmen zusammenfliessen, die sich den dorsalen Nervenwurzeln beigesellen; meistens wechseln diese Stämme mit ventralen und dorsalen Ästen der Aa. segmentariae ab. Venen treten auch zusammen mit den ventralen Wurzeln aus. Wegen der Dünne des Stratum perimeningeum ist eine Unterscheidung der Venen der Endorhachis von denen der Meninx primitiva noch nicht möglich; nur das ist sicher, dass sowohl die Venen, welche die dorsalen Wurzeln begleiten, als die, welche mit den ventralen Wurzeln zusammen austreten, das Blut aus allen Venen des Wirbelkanals sammeln und dass deshalb die ersteren den Namen Vv. vertebro-medullares dorsales, die zweiten den Namen Vv. vertebro-medullares ventrales verdienen.

Die Gefässe, welche in das Innere des Markes eintreten, haben an Zahl zugenommen und kommen noch von der ventralen Fläche und von den lateralen. Einige derselben sind durchgängig, durchziehen ungeteilt die Anlage der weissen Substanz und teilen sich, wenn sie die graue Substanz erreicht haben, in Äste, die mit den Nachbarästen unter Bildung eines weitmaschigen Netzes anastomosieren; andere sind dagegen noch in der Bildung begriffen; sie bestehen aus länglichen Zellen und enthalten kein Blut in ihrem Innern; sie enden knopfförmig oder teilen sich in wenige Äste, die in derselben Weise endigen.

Embryo von 80 mm Länge. — In diesem Stadium beginnen die Verhältnisse so zu werden, wie sie beim ausgewachsenen Tiere zu finden sind.

Die A. ventralis ist dick und regelmässig und lässt fortgesetzt viele laterale Äste aus sich hervorgehen.

Die Aa. vertebro-medullares dorsales enden unmittelbar ventralwärts vom Ursprung der dorsalen Wurzeln durch Teilung in verschiedene Äste, unter denen sich zwei, ein kranialer und ein kaudaler, durch ansehnliches Kaliber auszeichnen. Ihre Verzweigungen sind auch auf der Dorsalfläche reichlich vorhanden, auf der sie ein dichtes Netz bilden.

Die Gefässe der Nervensubstanz, deren Zahl beträchtlich zugenommen hat, bilden nur in der grauen Substanz Netze; einige Arterien teilen sich bereits in der weissen, aber ihre Äste kommen erst in der grauen Substanz zum Endigen. Die Gefässe stammen von der gesamten Peripherie des Markes, einige gehen direkt von der A. ventralis ab; an den lateralen Flächen sind sie am zahlreichsten.

Das Auftreten des Spatium perimeningeum rings um das Mark trennt die Vv. endorhachidis von den Vv. meningis primitivae. Indem ich mich auf die Betrachtung dieser letzteren beschränke, bemerke ich, dass ventrale Venen an die lateralen Flächen gelangen und schliesslich entweder in eine dicke unpaare, längs der dorsalen Medianlinie gelegene Vene oder aber in die Vv. vertebro-medullares dorsales

einmünden. Die eben erwähnte unpaare Vene entspricht der V. dorsalis des ausgewachsenen Tieres und beginnt schon die Charaktere derselben zu zeigen; die Vv. vertebro-medullares dors. entspringen von ihr.

Torpedo marmorata.

Ich beschränke mich darauf, die Unterschiede von den vorher untersuchten Arten hervorzuheben.

Embryo von 20 mm Länge. — Er zeigt dieselben Verhältnisse wie die Embryonen von Acanthias und von Mustelus gleicher Länge.

Embryo von 30 mm Länge. — Die Tractus arteriosi primitivi sind schon gut entwickelt und schon an vielen Stellen zu einem einzigen unpaaren Stamm verschmolzen.

Die Aa. vertebro-medullares ventrales sind dicker als die dorsalen.

Embryo von 40 mm Länge. — Die Tractus arteriosi primitivi sind zu einer unpaaren und medianen A. ventralis verschmolzen; da das Rückenmark den Wirbelkanal vollkommen ausfüllt, ist diese Arterie zwischen die Anlagen der Meninx und der Endorhachis eingepresst und liegt in einem Sulcus von dreieckigem Querschnitt; sie hat ein ansehnliches Kaliber. Ihre Äste bilden ein Netz, ähnlich dem des Acanthias von 50 mm Länge.

Die Aa. laterales des ausgewachsenen Tieres sind noch nicht unter den Endästen der Aa. vertebro-medull. dorsales zu unterscheiden.

Viele Äste sind bereits in das Innere des Markes eingedrungen, grösstenteils kommen sie von den lateralen Flächen, wenige von der ventralen und äusserst spärliche von der dorsalen. Man bemerkt, dass die letztere von den Anlagen der dorsalen grauen Säulen gebildet wird, die in dieser Entwickelungsperiode oberflächlich liegen. Unter den von den lateralen Flächen stammenden finden sich die dicksten ventral und dorsal und enden in den betreffenden grauen Säulen; die von der

ventralen Fläche kommenden sind meist gegen die Seiten des Canalis centralis gerichtet und enden in den ventralen grauen Säulen. Der grösste Teil dieser Gefässe erreicht die graue Substanz, einige jedoch erreichen in der weissen Substanz ihr Ende. Sie enden entweder knopfförmig oder durch Teilung in Kapillare, die unter Bildung unregelmässiger Maschen miteinander anastomosieren. Von diesen entspringen Venen, die an der ganzen Peripherie der Medulla zu beobachten sind; ziemlich konstant sind solche, die zwischen den dorsalen grauen Säulen verlaufen.

Die Venen der Dorsalfläche münden in eine dickere V. dorsalis; diese verhält sich wie bei den Embryonen von Mustelus.

Embryo von 60 mm Länge. — Die Verhältnisse des erwachsenen Tieres prägen sich mehr und mehr aus. Neben der A. ventralis treten jetzt die Aa. laterales auf, gleichsam als die dickeren der von den Aa. vertebro-medullares dorsales abstammenden Äste; sie sind in ihrem Verlaufe oft unterbrochen.

Das Netz der Nervensubstanz ist dichter geworden durch Verzweigung der früher vorhandenen Gefässe und durch das Eindringen neuer Gefässe von der Peripherie her.

Die Venen der Medulla und die der Endorhachis sind nicht voneinander zu trennen. Lateral von der A. ventralis bemerkt man longitudinale Venen.

Embryo von 80 mm Länge. — Trotzdem das Spatium perimeningeum zur Trennung der Meninx primitiva von der Endorhachis aufgetreten ist, hat die A. ventralis auch weiterhin noch dreieckigen Querschnitt, wie in den vorigen Stadien. Wohl entwickelt und ununterbrochen bis in die Cauda sind die Aa. laterales, deren Querschnitt die Form einer Ellipse mit ventro-dorsal gerichteter grösserer Achse zeigt. Die drei eben genannten Arterien verzweigen sich wie beim ausgewachsenen Tier.

Beinahe alle Venen, die in den vorigen Stadien in dem Bindegewebe verliefen, das die Medulla von der Endorhachis

trennt, bleiben an der Medulla haften; nur die V. dorsalis haftet dorsal an der Endorhachis und ventral an der Meninx, wobei sie das ganze Spatium perimeningeum, das der dorsalen Fläche des Markes entspricht, ausfüllt. Ihr Kaliber ist daher sehr beträchtlich.

Schlussfolgerungen.

Bei allen Elasmobranchii stammen demnach die Gefässe des Rückenmarks von den Rr. dorsales aa. segmentalium, die eine oder zwei Aa. vertebro-medullares in den Wirbelkanal schicken. Im ersteren Falle (Acanthias) dringt die A. vertebro-medullaris zugleich mit den ventralen Wurzeln ein und teilt sich in zwei Äste, einen ventralen und einen oder mehrere dorsale; jener verzweigt sich an der ventralen Fläche, diese zuerst nur an den lateralen Flächen, später auch an der dorsalen. Im zweiten Falle (Mustelus, Torpedo) gesellt sich die A. vertebro-medullaris ventralis den ventralen Wurzeln bei und die A. vertebro-medullaris dorsalis dringt durch ein besonderes Loch durch die Wände des Wirbelkanals, das im intercalaren Stück vorhanden ist; sie verteilen sich in einer Weise, die im wesentlichen identisch ist mit der Verteilung der Äste der A. vertebro-medullaris im ersteren Falle. Der Unterschied besteht also darin, dass die Teilung der Aa. vertebro-medullares im ersteren Falle innerhalb und im zweiten Fall ausserhalb des Wirbelkanals stattfindet.

Die Gefässe beginnen zuerst an den lateralen Flächen der Medulla aufzutreten, welche die dicksten Partien des Markes sind; später dringen sie auch ventralwärts vor und zuletzt auch auf die dorsale Fläche.

In den ersten Stadien zeigen die Arterien, die sich auf der Medulla finden, eine ausgesprochen metamere Anordnung, so dass Partien, die reichlich mit arteriellem Blut versorgt werden, abwechseln mit Segmenten, auf denen venöses Blut strömt; später bilden sich longitudinale Anastomosen, durch welche die Blutcirkulation eine gleichförmigere wird.

Die ersten Anastomosen erscheinen an der ventralen Fläche; es sind ihrer zwei, einerechte und eine linke, die zur Seite der Medianlinie liegen (Tractus arteriosi primitivi). Der Ursache dieser Verdoppelung ist, wie mir scheint, in Beziehung zu bringen mit der Struktur der Ventralfläche des Markes. Wenn sich gleich von Anfang an nur ein einziger unpaarer Tractus bilden würde, so müsste sich derselbe notwendigerweise längs der Medianlinie oder sehr nahe derselben finden, da er gleichzeitig und gleichmässig sowohl die rechte wie die linke Hälfte des Markes zu ernähren hätte; aber der mittlere Teil der Ventralfläche ist gerade der Teil, der den geringsten Blutzufluss hat, da er lange Zeit nur aus einer einfachen Epithelschicht besteht, während in den lateralen Partien ein lebhafter Stoffwechsel notwendig ist, da ja unter ihnen Teile des Markes liegen, die aus mehreren Zellschichten bestehen, und in denen die Zellvermehrung eine sehr lebhafte ist. Im weiteren Verlauf der Entwickelung und vielleicht im kausalen Zusammenhang mit der Bildung der ventralen Stränge und der ventralen grauen Säulen, nähern sich die beiden Tractus art. primit. einander allmählich, bis sie zuletzt zu einer unpaaren und medianen Arterie (A. ventralis) verschmelzen, an deren ursprüngliche Duplizität die Circuli arteriosi noch erinnern, die in ihrem Verlauf an den Einmündungsstellen ihrer zuführenden Äste liegen.

Nach dem Auftreten der Tractus art. primit. und zur Zeit, wo sie miteinander zu verschmelzen beginnen, bilden sich zwei Tractus arteriosi laterales zwischen den Ligamenta denticulata und dem Ursprung der dorsalen Wurzeln; sie nehmen immer mehr an Kaliber und Regelmässigkeit zu bis sie sich schliesslich bei Torpedo in wahre Aa. laterales umwandeln.

Von den eben beschriebenen longitudinalen Stämmen trennen sich Äste ab, die sich lange Zeit nur an der Oberfläche des Markes und in sehr einfacher Weise verzweigen. Die Äste der Tractus arter. primit. und später der A. ventralis laufen quer über die ventrale Fläche, wo sie ein dichtes Netz bilden und ergiessen sich, sobald sie die laterale Fläche erreichen, in Venen; die Äste der Rr. dorsales aa. vertebro-medullarium

(bezüglich der Aa. vertebro-medull. dorsales und später der Tractus arter. laterales) sind viel kleiner als die vorigen und verzweigen sich ebenfalls zu einem Netz, das aber viel ausgedehnter ist als das ventrale, da es nicht nur die lateralen Flächen sondern auch die ganze dorsale Fläche umfasst. In diesem ist demnach die Blutcirkulation viel träger als an der ventralen Fläche.

Das Eindringen der Arterien in das Innere des Markes vollzieht sich im allgemeinen sehr spät. Es beginnt von der ventralen Fläche aus, dann findet es von den lateralen Flächen und zuletzt von der dorsalen Fläche aus statt, es geschieht durch Gefässknospen oder Gefässsprossen, die zuerst solid dann hohl sind, von dem peripheren Netz stammen, sich sehr frühzeitig verzweigen und in entgegengesetzt verlaufende Venen übergehen. An die Oberfläche zurückgekehrt enden diese zuerst in einem sehr unregelmässigen und dichten Netz auf der dorsalen Fläche; später differenzieren sich in diesem Netz einige Längsstämme und der zuerst auftretende unter diesen ist — wenigstens bei Mustelus und Torpedo — die längs der dorsalen Medianlinie gelegene V. dorsalis. Während zu der Zeit, wo sich die Gefässe ausschliesslich auf der Oberfläche der Medulla fanden, das mittlere Drittel der ventralen Fläche rein arteriell war, beobachtet man jetzt nicht mehr eine solche Exklusivität in Bezug auf diese Fläche, da im mittleren Drittel der ventralen Fläche periphere Venen ausmünden und an der dorsalen Fläche die Verzweigungen der Aa. s. Tractus art. laterales zahlreicher werden.

Das venöse Netz, das die Medulla umgiebt, liegt von Anfang an im perimedullaren Mesenchym; später, wenn dieses Mesenchym sich durch das Auftreten des Spatium perimeningeum in die Meninx primitiva und die Endorhachis teilt, bleibt es zum Teil mit der Meninx in Verbindung, indem es sich in die Venen dieser Membran umwandelt; zum Teil bleibt es mit der Endorhachis verbunden, indem es die Sinus dieser Membran aus sich entstehen lässt. Bei Mustelus und Torpedo scheint sich indessen die dorsale mediane Partie in ein grosses

Sammelgefäss umzuwandeln, das die V. dorsalis des ausgewachsenen Tieres ist und zwischen der Meninx und der Endorhachis liegt; es wäre dies demnach keine wahre Rückenmarksvene sondern es würde gleichzeitig eine Rückenmarksvene und die Sinus der Endorhachis repräsentieren.

Wenn man die Verhältnisse beim Embryo nach dem Eindringen der Gefässe in das Mark mit denen des ausgewachsenen Tieres vergleicht, so findet man den fundamentalen Unterschied, dass bei dem letzteren der grösste Teil des arteriellen Blutes erst dann venös wird, nachdem es im Innern des Markes cirkuliert hat, während beim Embryo das Gegenteil stattfindet. Viele Eigentümlichkeiten, die in der Entwickelung der Elasmobranchii vor dem Eindringen der Gefässe in das Innere des Markes bemerkt werden, sind bleibende Eigentümlichkeiten bei den Cyclostomata — z. B. der segmentäre Charakter und das Abwechseln der Arterien und Venen, das Vorhandensein von zwei Tractus arteriosi primitivi, das Überwiegen der Arterien auf der ventralen und der Venen auf der dorsalen Fläche, das ausschliessliche Vorkommen der Gefässe an der Peripherie und die daraus sich ergebende indirekte Ernährung der Medulla.

Kap. II.

Amphibia.

Wegen der sehr grossen Differenzen, die beim ausgewachsenen Tier die Rückenmarkgefässe der Amphibia urodela und der Amphibia anura kennzeichnen, habe ich es für zweckmässig gehalten, die Entwickelung der Markgefässe der beiden Gruppen gesondert zu studieren; von den ersteren habe ich als Untersuchungsmaterial Triton cristatus ausgewählt, von den zweiten Rana esculenta. Das vorliegende Kapitel wird demnach in zwei Paragraphen eingeteilt.

Das Untersuchungsmaterial wurde wie das der Klasse der Fische entnommene Material behandelt; wenn Nichts anderes angegeben wird, beziehen sich die Schnitte auf die Stelle, welche den Wurzeln der vorderen Gliedmassen entspricht.

§ 1.

Amphibia urodela.

(Triton cristatus).

Es giebt keine Angaben über die Entwickelung der Gefässe des Rückenmarkes bei diesen Wirbeltieren.

Larve von 9 mm Länge. — In das perimedullare Mesenchym dringen gemeinsam mit den ventralen Wurzeln der Nerven kleine metamere Gefässe, das sind die von den Rr. dorsales aa. segmentalium stammenden Aa. vertebro-medullares. An den Sulcus gelangt, der durch das Zusammenstossen der Chordascheide mit der Ventralfläche des Markes entsteht, enden sie durch Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast, die sehr kurz und in diesem Sulcus eingeschlossen sind; die ventrale Fläche ist ausserhalb des kleinen Streifens, der einen Teil des Sulcus ausmacht, vollständig ohne Gefässe, obwohl sie in diesem Stadium der Entwickelung nicht von einer einzigen Zellschicht gebildet wird, sondern von mehreren. Wenige Gefässe beobachtet man auch auf den lateralen Flächen; sie stammen von den ventralen. Dorsal fehlen die Gefässe.

Die Venen finden sich an den Stellen, die den ventralen Wurzeln entsprechen; sie sind sehr dünn und stammen von den Verzweigungen der Aa. vertebro-medullares. In diesem Stadium hat demnach die Verteilung der Blutgefässe an der Oberfläche des Markes einen rein segmentären Charakter; die Teile, welche den Ursprüngen der Wurzeln entsprechen, sind von Gefässen durchflossen; den zwischenliegenden Teilen fehlen dieselben.

Larve von 14 mm Länge. — Wenn auch die Anlagen der Wirbelbogen aufgetreten sind, so ist doch die Blutversorgung der Medulla noch sehr unvollständig.

Die Rr. craniales und caudales, die die eindringenden Äste der Aa. vertebro-medullares bilden, sind mehr entwickelt als in dem vorigen Stadium und bilden zwei parallele Reihen, welche in zwei Furchen liegen, die sich an der Stelle finden, wo die Anlagen der Wirbelbogen auf die Chordascheide stossen; sie sind miteinander verbunden durch kommunizierende Äste. Die Gefässe dehnen sich auch auf die lateralen Flächen der Medulla aus.

Larve von 17 mm Länge. — Die Aa. vertebro-medullares teilen sich sofort nach ihrem Eintritt in den Wirbelkanal deutlich in zwei Äste, einen ventralen und einen dorsalen. Der erstere, der die Anlage der A. radicalis ventralis darstellt, ist der dickere, sodass er als die direkte Fortsetzung des Stammes erscheint, von dem er abstammt. Er begiebt sich in das zwischen der Medulla und der Chordascheide gelegene Mesenchym und teilt sich, sobald er die ventrale Medianlinie erreicht, seinerseits wieder in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen —, die in dem cervikalen Teil miteinander anastomosieren unter Bildung eines unpaaren Stammes, der A. ventralis. Diese ist in dem perimedullaren Mesenchym zwischen der Medulla und der Chordascheide eingeschlossen; sie giebt laterale Äste an die ventrale Fläche des Rückenmarks ab.

Die dorsalen Verzweigungen der Aa. vertebro-medullares verdienen den Namen Aa. radicales dorsales; sie erstrecken sich auf die laterale Fläche des Markes, begeben sich zwischen dieses und die Anlagen der Ganglien und enden, indem sie sich in Kapillaren auflösen.

Das Mark ist in seinem Innern noch ohne Gefässe.

Auch die Venen zeigen eine sehr einfache Anordnung. Die lateralen Äste der A. ventralis sammeln sich, nachdem sie über die ventrale Fläche gezogen sind, in Stämme, die in die zu dieser Zeit bereits gut entwickelten Sinus endorhachidis münden; die der Aa. radicales dorsales gehen in Venen über, die sich längs der dorsalen Medianlinie in einem dicken Stamme — der V. dorsalis — sammeln; von dieser

gehen ausführende Gefässe ab, die sich den dorsalen Wurzeln zugesellen.

Aus einer derartigen Verteilung der Gefässe um das Rückenmark ergiebt sich, dass die ventrale Fläche in ihrem mittleren Drittel rein arteriell und in ihren beiden lateralen Dritteln rein venös ist, dass die dorsale Fläche rein venös ist, und dass endlich die lateralen Flächen gleichzeitig von Venen und Arterien durchflossen werden.

Die Unterscheidung zwischen den Sinus endorhachidis und den Gefässen der Meninx primitiva ist nur eine künstliche, da das Spatium perimeningeum noch nicht entwickelt ist.

Larve von 34 mm Länge. — In diesem Stadium vollzieht sich die Trennung zwischen Meninx primitiva und Endorhachis.

Die Aa. vertebro-medullares geben sofort nach ihrem Eintritt in den Wirbelkanal dünne Äste an die Endorhachis; dann durchziehen sie das Spatium perimeningeum und teilen sich in Aa. radicales, die sich verhalten wie im vorigen Stadium.

Die A. ventralis liegt in einer leichten Vertiefung der Markoberfläche und hat einen Querschnitt von der Form eines Dreiecks mit abgerundeten Ecken. Sie erstreckt sich längs des ganzen Rückenmarks und zeigt die Charaktere, die bei dem ausgewachsenen Tiere vorhanden sind.

Von den Arterien der Meninx primitiva dringen Äste in das Innere der Nervensubstanz, von denen einige die graue Substanz erreichen, die meistens aber in der weissen enden; darauf biegen sie sich schleifenförmig um und enden in dem beim vorigen Stadium beschriebenen peripheren Netz. Diese Äste kommen ausschliesslich von den lateralen Flächen und stammen daher von den Aa. radicales dorsales.

Larve von 45 mm Länge. — Die Gefässschleifen sind sehr vermehrt und dringen auch von der ventralen Fläche her ein. Daraus, dass sie während ihrer Rückkehr zur Oberfläche zu Venen werden, ergiebt sich, dass sich auch im mittleren

Drittel der ventralen Fläche Venen finden, wo man bis zu diesem Augenblick nur Arterien beobachten konnte. Die dorsalen Äste der Aa. radicales dorsales erstrecken sich auch auf die dorsale Fläche und es gehen bereits einige kleine, in das Rückenmark eindringende Schlingen von ihnen aus.

Die Entwickelung der Markgefässe von Triton cristatus ist demnach in den ersten Stadien dem der Markgefässe der Elasmobranchii vollkommen gleich. Später tritt längs der ventralen Medianlinie zwischen den Aa. radicales ventrales eine longitudinale Anastomose auf, die schnell an Kaliber und Regelmässigkeit zunimmt, bis sie sich schliesslich in die A. ventralis verwandelt. Ich kann nicht bestimmt angeben, ob die Entstehung dieses Gefässes durch Verschmelzung von zwei Tractus arter. primit. geschieht, wie bei den Elasmobranchii oder auf anderem Wege; nur soviel ist sicher, dass die Tractus arter. primitivi, auch bei Triton (Larve von 14 mm Länge) — obgleich sehr dünn — zu beobachten sind, und dass sie, um später in Bezug auf ihre Aufgabe — trotz des segmentären Charakters der Aa. vertebro-medullares eine gleichmässigere Verteilung des Blutes auf die Medulla herbeizuführen —, durch die A. ventralis ersetzt werden. Die A. ventralis tritt viel früher auf als die Anastomosen unter den Ästen der Aa. radicales dorsales, die ich bei der Larve von 45 mm Länge noch nicht beobachtet habe, während sie beim ausgewachsenen Tiere wohl entwickelt sind.

Bis zu der Zeit, wo die Gefässe ausschliesslich auf der Peripherie des Rückenmarks verlaufen, verhalten sie sich im wesentlichen wie die der Elasmobranchii. Sobald sie aber beginnen in das Rückenmark einzudringen, treten Verschiedenheiten auf. Man sieht sie zuerst von den lateralen Flächen eindringen, dann von der ventralen und zuletzt von der dorsalen, wie bei den Fischen, aber anstatt der — zuerst soliden, dann hohlen — Gefässknospen, die sich weiter verzweigen, biegen sich bei den Amphibia urodela (da auch bei Salamandra macu-

losa der Vorgang in gleicher Weise stattfindet) die letzten arteriellen Verzweigungen an den Stellen, an denen sie in Venen übergehen, schlingenförmig um; die Schlingen dringen immer mehr in die Tiefe, bis sie die graue Substanz erreichen, während sich die Äste, die sie bilden, einander immer mehr nähern. Alle Verzweigungen der Aa. radicales dorsales enden auf diese Weise; das von ihnen geführte Blut muss daher, bevor es venös wird, durch die Nervensubstanz hindurch gehen. Der grössere Teil der Verzweigungen der A. ventralis verhält sich in gleicher Weise; nicht wenige gehen jedoch ohne Schlingen zu bilden in Venen über; in dieser Thatsache, die man auch beim ausgewachsenen Tiere beobachtet, kann man eine Erinnerung an die frühere ausschliesslich periphere Verteilung der Gefässe des Markes sehen.

Die Venen der Meninx primitiva trennen sich erst sehr spät von denen der Endorhachis; es ist wahrscheinlich, dass die letzteren Abkömmlinge der ersteren sind, aber diese Thatsache ist nicht so deutlich festzustellen wie bei den Elasmobranchii.

§ 2.

Amphibia anura.

Die einzigen Angaben, die ich in Bezug auf die Entwickelung der Rückenmarksgefässe der Amphibia anura gefunden habe, verdanken wir Goette (S. 756), der angiebt, dass bei Bombinator igneus die Rr. communicantes carotidis posteriores zwei Fortsätze aussenden, die sich in den Wirbelkanal hineinbegeben und zur Bildung der A. spinalis ventralis miteinander verschmelzen.

Meine Untersuchungen wurden gemacht an Kaulquappen von Rana esculenta L.

Kaulquappe von 9 mm Länge (Länge des Rumpfes 3,5 mm, des Schwanzes 5,5 mm). — Von den Rr. dorsales aa. segmentalium trennen sich medial von den ventralen Wurzeln

die Aa. vertebro-medullares ab, die — wie bei Triton von 9 mm — in der Furche enden, die durch das Zusammentreffen der Ventralfläche des Markes mit der Chordascheide gebildet wird. Ihre spärlichen Verzweigungen sind longitudinal; von ihnen gehen Rr. dorsales und Rr. laterales ab. Die ersteren (Fig. 12 im Text) sind paarig und symmetrisch; sie dringen in das Innere des Markes unmittelbar lateral von der Bodenplatte und verlaufen auf den Seiten der Innenplatte zwischen ihr und der Mantelschicht, indem sie bis zur Anlage der dorsalen grauen

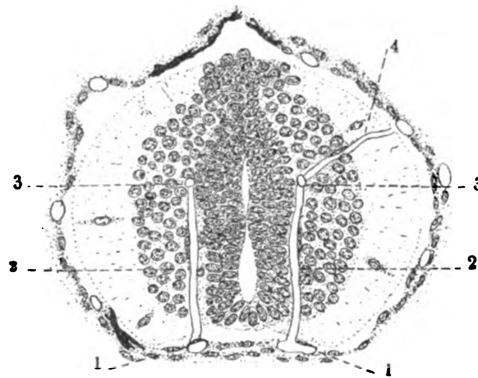


Fig. 12.

Querschnitt des Rückenmarks einer 9 mm langen Kaulquappe von Rana esculenta im Niveau des Herzens (Vergrösserung 115 fach); 1—1 Tractus arteriosi primitivi; 2—2 ihre Rami dorsales; 3—3 Teilung dieser letzteren in einen kranialen und kaudalen Ast; 4 lateraler Ast, der von Ästen, die durch diese Teilung entstanden sind, abstammt (er war nicht in diesem, sondern in einem benachbarten Schnitt zu beobachten).

Hörner vordringen. Sobald sie die Bodenplatte überschritten haben, geben sie einen kranialen und einen kaudalen Ast ab, die beide nach kurzem Verlauf blind enden; die Rr. dorsales enden ebenfalls, indem sie sich in einen kranialen und einen kaudalen Ast teilen. Von diesem letzteren gehen laterale Äste ab, welche schräg über die Anlagen der dorsalen grauen Säulen ziehen und an den lateralen Flächen des Markes enden. Deshalb sieht man an Querschnitten des Rückenmarks in diesem Stadium oft an den Seiten der Innenplatte vier kleine Löcher, zwei dorsale und zwei ventrale; es sind dies die Durchschnitte

der von den genannten Rr. dorsales stammenden End- und Seitenästen.

Die Rr. laterales sind sehr spärlich und dünn, verteilen sich an der ventralen Fläche und lassen Venen entstehen, die sich den Nervenwurzeln zugesellen.

Kaulquappe von 12 mm Länge (Länge des Rumpfes 5 mm, des Schwanzes 7 mm). — Die Aa. vertebro-medullares teilen sich, nachdem sie die Oberfläche der Medulla an der Stelle erreicht haben, an der die ventrale Fläche mit den lateralen Flächen zusammentrifft, in zwei Aa. radicales.

Die A. radicalis ventralis ist die stärkere, begiebt sich zwischen die Oberfläche des Markes und die Chordascheide und endet, bevor sie die Medianlinie erreicht, durch Teilung in einen kranialen und kaudalen Ast. Die A. radicalis dorsalis verästelt sich an den lateralen Flächen.

Von den kranialen und kaudalen Ästen der Aa. radicales ventrales gehen — gerade wie im vorigen Stadium — Rr. dorsales und Rr. laterales ab. Diese letzteren verhalten sich beinahe genau wie bei der Kaulquappe von 9 mm Länge. Die Seiten und Endäste der Rr. dorsales haben noch Kapillarstruktur, sind aber länger und anastomosieren häufig mit den entsprechenden Nachbarästen; auf diese Weise entstehen zwei Netze mit weiten viereckigen Maschen, die in zwei sagittalen, zwischen der Innenplatte und der Mantelschicht durchziehenden Ebenen liegen. Die zwei Paar Löcher, die schon beim vorigen Embryo erwähnt wurden, sind jetzt mit viel grösserer Häufigkeit zu beobachten.

Kaulquappe von 20 mm Länge (Länge des Rumpfes 8 mm). — Das Auftreten der Anlagen der Wirbelbogen grenzt ventral und lateral vom Rückenmark ein Stratum perimedullare ab, in dem die Gefässe verlaufen.

Die Aa. radicales ventrales reichen in dem Halsteil bis an die Medianlinie und anastomosieren mittelst longitudinaler Äste unter einander; auf diese Weise entsteht die erste Andeutung der A. ventralis des ausgewachsenen Tieres. In der übrigen Wirbelsäule teilen sie sich, wie im vorigen Stadium,

und ihre Äste bilden dadurch, dass sie miteinander anastomosieren, zwei parallele sehr unvollständige Tractus arteriosi.

Die Aa. radicales dorsales, die immer dünn aber regelmässig sind, erreichen mit ihren Asten auch die dorsale Fläche ohne jedoch bis zur Medianebene zu gelangen.

Die Gefässe der Nervensubstanz sind beträchtlich vermehrt. Von den im vorigen Stadium beschriebenen sagittalen Netzen gehen viele Kapillaren aus, die durch die Mantelschicht verlaufen, mit den Nachbarkapillaren anastomosieren und sich zu grösseren Stämmen vereinigen, welche die Anlagen der weissen Substanz durchziehen und an der Peripherie der Medulla ausmünden. Der weissen Substanz fehlen daher Kapillarnetze und sie wird nur von radiär verlaufenden Ästen durchzogen; transversale Äste finden sich manchmal an der Grenze zwischen weisser Substanz und grauer Substanz. Die Mantelschicht ist die gefässreichste Schicht; von ihr breiten sich die Äste auch zwischen die Zellen der Innenplatte aus. Die Bodenplatte und die Deckplatte besitzen keine Gefässe.

Die Venen bilden ein Netz, das die Medulla ringsum — ausser an der mittleren Partie der dorsalen Fläche — umgiebt; in dasselbe münden die aus dem Innern des Markes kommenden radiären Aste.

Kaulquappe von 26 mm Länge. (Länge des Rumpfes 11 mm, distale Gliedmassen 1 mm lang). — An den Anlagen der ersten Wirbel bemerkt man längs der ventralen Medianlinie eine starke A. ventralis, die an die Stelle der Anastomosen der vorigen Stadien getreten ist; ihr Querschnitt ist dreieckig mit sehr abgerundeten Ecken und sie liegt in einem kleinen Sulcus der Medulla verborgen. In der Gegend der Articulatio occipito-atlantoidea setzt sie sich in die kaudalen Äste der Rr. anastomotici A. vertebralis dorsi cum A. basilari oder Aa. radicales ventrales I^{ae} fort, die ebenfalls sehr ansehnlich sind. In diesem Teil der A. ventralis behalten die Aa. radicales ventrales im allgemeinen das Kaliber bei, das sie im vorigen Stadium hatten und das bei weitem geringer ist als das der A. ventralis; dies beweist, dass das in ihr enthaltene Blut grösstenteils von den oben genannten Rr. anastomotici herkommt.

Wenn man von den Anlagen der ersten Wirbel übergeht zu denen die sich in der Mitte des Rückens befinden und von diesen zu den Anlagen der Schwanzwirbel, dann beobachtet man ein allmähliches Dünnerwerden der A. ventralis, bis man endlich wieder zuerst einen unpaaren Tractus und dann zwei parallele Tractus findet.

Die Rr. dorsales arteriae ventralis an den ersten Wirbeln sind viel stärker als im vorigen Stadium (Fig. 13 im Text); sie entspringen auch jetzt noch getrennt von einander, wenn auch

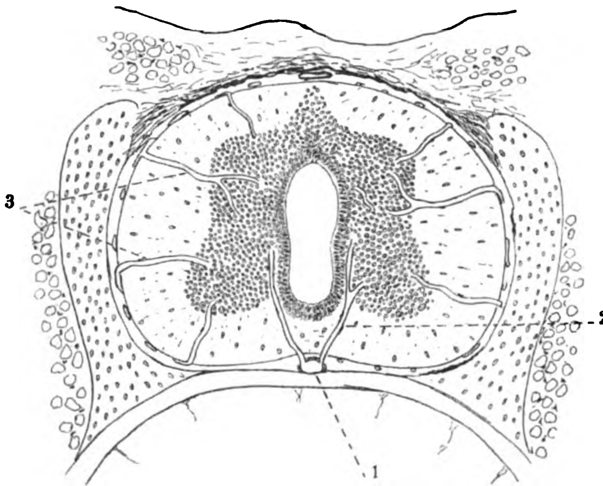


Fig. 13.

Querschnitt des Rückenmarks einer 26 mm langen Kaulquappe von Rana esculenta im Niveau des II. Wirbels (Vergrösserung 73fach) — 1 Arteria ventralis; 2 ihr Ramus dorsalis; 3 periphere Gefässe des Rückenmarks.

ihre Ursprungsstellen sehr nahe bei einander sind; sie dringen, indem sie paarig und symmetrisch bleiben, in das Mark, und zwar ist ihr Weg dabei ähnlich demjenigen, der im vorigen Stadium zu konstatieren war; sie verzweigen sich in der grauen Substanz. Die Äste von kapillarer Struktur, die an den lateralen Flächen und an der dorsalen Fläche entweder entstehen oder ausmünden, sind weder vermehrt noch vermindert. Die V. dorsalis ist viel dicker als im vorigen Stadium; sie ist nicht mehr der Medulla angelagert, da das Spatium perimeningeum, das

die ganze Medulla zu umgeben beginnt, zwischen diese und die Meninx primitiva eindringt und die Vene mehr gegen die Anlage der Endorhachis drängt, mit der sie jedoch nicht fest zusammenhängt.

In dem Teil der Medulla spinalis, in der man statt einer A. ventralis einen oder zwei Tractus arteriosi beobachtet, finden sich Verhältnisse, die denen des vorigen Stadiums gleich sind.

Kaulquappen von 32 mm Länge. (Länge des Stammes 14 mm, der distalen Gliedmassen 2 mm). — Die A. ventralis ist in der ganzen Länge des Körpers wohl entwickelt; am Anfang des Schwanzes beginnt sie sich allmählich zu verdünnen. Die Aa. radicales ventrales sind im Schwanze regelmässig, während sie im Rumpfe, besonders in seinem kranialen Teile, oft fehlen. Die Aa. radicales dorsales haben beträchtlich an Kaliber eingebüsst, so dass es nicht gelingt sie in Querschnitten zur Anschauung zu bringen.

Von der A. ventralis trennen sich auch jetzt noch paarige und symmetrische Rr. dorsales ab, die in das Mark eindringen und auch jetzt noch an den Seiten des Centralkanals verlaufen. Ihr Kaliber und ihre Zahl ist vermehrt, sodass man behaupten kann, dass sie dem Rückenmark den grössten Teil seines Blutes zuführen. Die ventralen Stränge und die ventrale Kommissur sind stärker geworden als sie im vorigen Stadium waren; die A. ventralis hat sich daher vom Centralkanal entfernt, und deshalb machen ihre Rr. dorsales einen längeren Weg als bei den Kaulqauppen von 26 mm Länge.

Aus den Kapillaren, welche die Nervensubstanz durchlaufen, entspringen viele Venen. Einige derselben befinden sich zwischen den Rr. dorsales der A. ventralis; solche fehlten im vorigen Stadium; sie ziehen zuerst durch die ventrale Kommissur dann durch die Fissura medullaris und erscheinen neben der A. ventralis verlaufend an der ventralen Fläche des Markes. Andere kleine Äste münden an der Peripherie des Rückenmarkes aus; was diese betrifft, so ist es immer schwierig festzustellen, ob es sich um Arterien oder Venen handelt; jedoch scheint wegen

des ansehnlichen Kalibers der Rr. dorsales arteriae ventralis, der Dünne und Unregelmässigkeit der Aa. radicales dorsales und der Verhältnisse beim ausgewachsenen Tier die Annahme gerechtfertigt zu sein, dass es sich um Venen handelt.

Die Venen der Meninx primitiva sammeln sich alle in der starken V. dorsalis. Diese gehört jedoch nicht mehr zur Medulla sondern zum Processus vertebralis ductuum endolymphaticorum, der sich in diesem Stadium aus der Schädelhöhle kommend längs des grössten Teils des Körpers ausdehnt und von der Meninx primitiva durch eine Reihe kleiner Lymphlagunen getrennt ist, die zusammengenommen das Spatium peridurale des ausgewachsenen Tieres darstellen.

Kaulquappe von 38 mm Länge. (Länge des Stammes 16 mm, der hinteren Gliedmassen 16 mm). — Die Aa. radicales

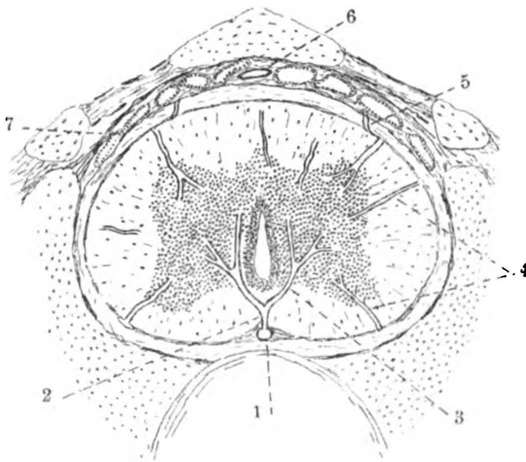


Fig. 14.

Querschnitt des Rückenmarks einer 38 mm langen Kaulquappe von Rana esculenta (Länge des Rumpfs und der vorderen Gliedmassen 16 mm) von einer den vorderen Gliedmassen entsprechenden Stelle (Vergrösserung 46fach). 1 Arteria ventralis; 2 ihr Ramus dorsalis; 3 Arteria centralis; 4 periphere Gefässe des Rückenmarks; 5 Verbindungsast zwischen den meningealen Venen und denen des Processus vertebralis ductuum endolymph.; 6 Vena processi vertebralis ductuum endolymph.; 7 Processus vertebralis ductuum endolymph.

dorsales sind in den Schnitten nicht zu erkennen; von den ventrales kann man nur einige bis zu ihrer Mündung in die A. ventralis verfolgen. Die Entwickelung der Stränge

und der ventralen grauen Säulen haben die Fissura medullaris viel tiefer gemacht und infolgedessen diese Arterie noch mehr vom Centralkanal entfernt; unter diesen Verhältnissen entspringen die paarigen und symmetrischen Rr. dorsales — die im vorigen Stadium getrennt aus der A. ventralis entsprangen, wenn sie auch einander sehr genähert waren — nunmehr von einem kurzen gemeinsamen Stamme, der sich in der Nähe der ventralen Kommissur in zwei paarige und symmetrische Äste teilt, die sich verhalten wie die gleichen Äste im vorigen Stadium. Dieser kurze gemeinsame Stamm verdient den Namen R. dorsalis arteriae ventralis und seine relativ starken Äste verdienen, da sie das ganze Rückenmark mit Blut versorgen, den Namen Aa. centrales.

Die Venen zeigen nichts Besonderes.

Kaulquappen von 42 mm Länge. (Länge des Stammes 18 mm, der distalen Gliedmassen 20 mm). — Die Verhältnisse des ausgewachsenen Tieres sind in diesem Stadium schon gut ausgeprägt. Die Fissura medullaris ist durch das weitere Wachstum der Säulen und der ventralen Stränge noch tiefer geworden und deshalb sind die Rr. dorsales der A. ventralis länger. Die Venen, welche zwischen ihnen liegen, durchlaufen, nachdem sie durch die Kommissur gedrungen sind, in dorsoventraler Richtung das Septum medullare (gebildet durch Einfaltung der Meninx primitiva in die Fissur) und erreichen neben der A. ventralis verlaufend die ventrale Fläche. In Anbetracht des beträchtlichen Kalibers der Aa. centrales kann man die Gefässe, welche das Rückenmark in radiärer Richtung durchlaufen, als Venen betrachten. Sie sammeln sich alle an der dorsalen Fläche des Markes und lassen Stämme aus sich hervorgehen, die — gerade wie beim ausgewachsenen Tiere — den Raum durchziehen, der die Meninx primitiva (die sich noch nicht in die definitiven Meningen getrennt hat) von den Processus vertebr. ductuum endolymphaticorum trennt, und vereinigen sich in der Vene dieses Fortsatzes.

Die Gefässe des Rückenmarks verhalten sich, so lange sie sich ausschliesslich an dessen Peripherie verbreiten, in ähnlicher Weise wie die der Amphibia urodela, wenn man sie bis zu diesem Zeitpunkt der Entwickelung betrachtet. Auch die A. ventralis ist mit zwei Reihen von Anastomosen versehen, die von den Ästen der Aa. radicales ventrales gebildet werden; ob sie durch longitudinale Verschmelzung dieser beiden Tractus oder durch Reduktion eines derselben, oder auf andere Weise entsteht, kann ich nicht bestimmt angeben. Das Eindringen der Gefässe in das Innere des Markes bezeichnet den Anfang einer Reihe von Unterschieden in der Entwickelung zwischen den Markgefässen der Amphibia anura und denen der Amphibia urodela, die zu der grossen Ungleichheit führt, welche diese Gefässe bei den ausgewachsenen Tieren der beiden Ordnungen zeigen.

Vor allem beobachtet man, dass bei Rana der grösste Teil der Aa. radicales ventrales und alle Aa. radicales dorsales in ihrer Entwickelung Halt machen, während die A. ventralis ein ansehnliches Kaliber und eine beträchtliche Regelmässigkeit annimmt; das Blut wird ihnen fast ausschliesslich von den Aa. radicales ventrales I[ae] zugeführt, und ihr Wachstum vollzieht sich demnach vom Schädel nach dem Schwanze hin. Mit dieser Eigentümlichkeit steht die grosse Entwickelung der A. ventralis und die Rückbildung der Aa. radicales ventr. et dorsal. im Zusammenhang, die nunmehr für die Ernährung der Medulla unnötig geworden sind; aus diesem Grunde glaubt Goette (loc. cit.), dass die A. ventralis durch das Eindringen von kaudalen Asten der oben genannten Arterien in den Wirbelkanal entstanden sei.

Die Gefässe, die in das Rückenmark eindringen, kommen von der ventralen Fläche her; sie sind konstant paarig und symmetrisch, dringen zwischen die Innenplatte und die Mantelschicht, lassen kollaterale Äste hervorgehen, die longitudinal angeordnet sind und zu beiden Seiten der Bodenplatte liegen, und enden mit ähnlichen Ästen an den Anlagen der Hinterhörner. Man hat also von Anfang an bei Rana eine centrifugale Verteilung. Ausserdem bilden diese Äste niemals Schlingen,

sondern sie entspringen als solide Knospen, die später hohl werden. In dieser Beziehung sind also die Unterschiede zwischen Rana und Triton ziemlich gross.

Die Arterien, die in das Mark eindringen, gehen, nachdem sich die Bildung der A. ventralis vollzogen hat, von dieser ab; da das Auftreten der Fissura medullaris, das durch das Wachstum der Stränge und der ventralen grauen Säulen hervorgebracht wird, die A. ventralis immer mehr vom Centralkanal entfernt, entspringen die oben erwähnten paarigen und symmetrischen Arterien, statt dass sie direkt von dieser Arterie abgehen, von Rr. dorsales derselben.

Nicht weniger bedeutungsvoll sind die Modifikationen, die sich im Venensystem vollziehen. Zuerst (Kaulquappe von 20 mm) verlaufen die Venen auf der Oberfläche des Marks unter Bildung von zwei Systemen — einem ventralen und einem latero-dorsalen —, welche zusammen die Vv. vertebro-medullares hervorgehen lassen; in der weiteren Entwickelung erhalten die laterodorsalen Venen eine grössere Ausbildung als die ventralen und vereinigen sich längs der dorsalen Medianlinie zu einer starken V. dorsalis. Bevor das Spatium perimeningeum auftritt, hängt diese letztere mit der Medulla zusammen. Nach Bildung dieses Raumes verlässt sie die Oberfläche dieses Organs und bleibt in dem lockeren Bindegewebe, das die Meninx primitiva von der Endorhachis trennt; in dem Augenblick, in dem der Processus vertebralis ductuum endolymphaticorum vom Schädel her in den Wirbelkanal eindringt, bleibt sie zwischen diesem Processus und der Meninx und haftet schliesslich an jenem, sodass sie auf diese Weise zur V. processi vertebr. ductuum endolymphaticorum wird, ohne jedoch ihre Beziehungen zu den auf der Meninx primitiva verlaufenden Venen zu verlieren; auch beim ausgewachsenen Tiere finden wir nach stattgefundener Teilung dieser Membran in Dura mater und Meninx secundaria, dass die Venen der Medulla sich in ihr sammeln. Wenn man dies alles mit der Entwickelung der Rückenmarksvenen von Acanthias vergleicht, dann findet man viele Berührungspunkte; bei dieser Art kommt es jedoch nicht zur

Bildung eines einzigen Stammes, sondern es bilden sich mehrere -- und diese haften, da der Processus vertebralis ductuum endolymphaticorum fehlt, an der Innenfläche der Endorhachis.

Kapitel III.

Reptilia.

In Anbetracht der sehr grossen Verschiedenheit, die zwischen den Gefässen des Rückenmarks bei den verschiedenen Ordnungen der Reptilien besteht, können diese Wirbeltiere in zwei Gruppen geteilt werden; an der Spitze der einen dieser Gruppen stehen die Sauria (wenigstens der grösste Teil derselben), an der der anderen die Chelonia. Aus diesem Grunde habe ich es für notwendig gehalten, die Entwickelung der Gefässe sowohl bei Lacerta muralis als bei Testudo graeca zu studieren. Über diesen Gegenstand sind Litteraturangaben nicht vorhanden. Es wurde dieselbe Technik angewendet wie bei den Amphibien; auch in diesem Kapitel beziehen sich die Beschreibungen auf das Segment der Medulla, das den Anlagen der proximalen Gliedmassen entspricht.

§ 1.

Sauria
(Lacerta muralis).

Embryo mit 2 mm langem Kopf[1]. — Von den Rr. dorsales aa. segmentalium trennen sich in der Nähe der ventralen Wurzeln dünne Aa. vertebro-medullares ab, die sich, sobald sie die dem Rückenmark anhängende Achsenmesenchymschicht erreicht haben, in einen Ramus

[1]) Das Alter der Embryonen wird bestimmt nach der grössten Länge des Kopfes.

medialis und einen R. dorsalis teilen. Der erstere zieht über das äussere Drittel der ventralen Fläche und endet durch Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast; der andere verzweigt sich in der ventralen Hälfte der entsprechenden lateralen Fläche. Aus diesen kurzen und spärlichen Verzweigungen wird das Blut von Venen aufgenommen, die sich kaudalwärts von den dorsalen Wurzeln zur Bildung der Vv. vertebro-medullares miteinander vereinigen. Die dorsale Fläche, die dorsalen Hälften der lateralen Flächen und das mittlere Drittel der ventralen sind ohne Gefässe.

Embryo mit 3,9 mm langem Kopf. — Die Anlagen der Wirbel, die im Innern des Mesenchyma axile aufzutreten beginnen, grenzen von dem übrigen Teil desselben das Mesenchyma perimedullare ab. Die Endäste der Aa. vertebromedullares verdienen den Namen Aa. radicales ventrales und dorsales.

Die ersteren erstrecken sich bis in die Gegend der in der Mitte der Ventralfläche gelegenen parallelen Furchen, die zwischen sich eine Strecke der Oberfläche abgrenzen, die der ventralen Wand des Centralkanals entspricht; im Innern des Mesenchyms, das diese Furchen ausfüllt, teilen sie sich in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen —, die am Halse, wo sie manchmal miteinander anastomosieren, wohl entwickelt sind; von ihnen gehen laterale Äste ab, die sich, nach aussen verlaufend, in Kapillaren teilen und auf diese Weise die lateralen Teile der Ventralfläche mit Blut versorgen.

Die Aa. radicales dorsales teilen sich, sobald sie das Rückenmark erreicht haben, in sekundäre Äste, die sich zwischen die Anlagen der Ganglien und die Medulla begeben und auf den lateralen Flächen der letzteren verteilen, wobei sie sich bis in die Gegend der Winkel erstrecken, die durch das Zusammentreffen dieser Flächen mit der dorsalen Fläche entstehen.

Die aus den Ästen der Aa. radic. ventr. hervorgehenden Venen lassen Venen entstehen, welche in longitudinale Stämme münden, die unmittelbar medial von dem Ursprung der ventralen Wurzeln gelegen sind; wie aus ihrer Weiterentwickelung

hervorgeht, entsprechen sie den Sinus endorhachidis des ausgewachsenen Tieres. Die Äste der Aa. radicales dors. lassen ebenfalls Venen hervorgehen, die zu Stämmen zusammenfliessen, welche die dorsalen Wurzeln begleiten.

In die Nervensubstanz dringen noch keine Gefässe ein; auch die Dorsalfläche ist noch ohne Gefässe.

Embryo mit 4,2 mm langem Kopf. — Die Aa. radicales ventr. enden in der Gegend der dorsalen Winkel des breiten Septum medullare gerade wie im vorigen Stadium — und die entstehenden Äste anastomosieren miteinander unter Bildung von zwei Tractus arteriosi primitivi, deren Kaliber unregelmässig und deren Verlauf gewunden ist, und die durch zahlreiche Queräste miteinander in Verbindung stehen. Von ihnen entspringen Rr. laterales, welche sich verhalten wie beim Embryo mit 3,9 mm langem Kopf. Wie bei diesem Embryo verhalten sich die Aa. radicales dorsales, die jedoch ein Netz entstehen lassen, das sich über die lateralen Partien der dorsalen Fläche ausbreitet.

Die Anlagen der Sinus endorhachidis sind ziemlich regelmässig; ihr Querschnitt hat die Form einer Ellipse mit transversal gerichteter grosser Achse; sie sind der Wand des Wirbelkanals angelagert und von der Medulla durch eine dünne Bindegewebsschicht getrennt.

Embryo mit 5 mm langem Kopf. — Zugleich mit der Vervollständigung der Wirbelbogenanlagen beobachtet man, dass sich das Mesenchyma perimedullare in die Endorhachis und die Meninx primitiva geteilt hat; diese letztere dringt in die Fissura medullaris, die tiefer ist als im vorigen Stadium. Zwischen dem Ependym, das den ventralen Teil des Centralkanals bekleidet, und dem Grunde dieser Fissur ist die Anlage der ventralen Kommissur aufgetreten.

Die Tractus arteriosi primitivi haben sich einander genähert und sind im Halsteil von einem unpaaren und medianen, noch sehr unvollständigen Tractus ersetzt worden. Von dessen dorsaler Wand gehen paarige und symmetrische Rr. dorsales von kapillarer Struktur ab, die, sich ein wenig

voneinander entfernend, in das Rückenmark eindringen, durch dessen Kommissur hindurchgehen und neben der unteren Partie des Centralkanals enden, indem sie sich schlingenförmig umbiegen; der Ast, der von der Schlinge zurückkehrt, hält sich in konstanter Berührung mit dem, der die Schlinge bildet, und dringt auf diese Weise in die Anlage des Septum medullare (vgl. die Text-Fig. 15).

In dem Teil der Medulla, der zwischen den Anlagen der proximalen und distalen Gliedmassen liegt, giebt jeder Tractus arter. primitivus Rr. dorsales ab, die paarig und zu denen des anderen Tractus symmetrisch sind und sich in der entsprechenden Rückenmarkshälfte verteilen. Kaudal von den distalen Gliedmassen fehlen diese Rr. dorsales.

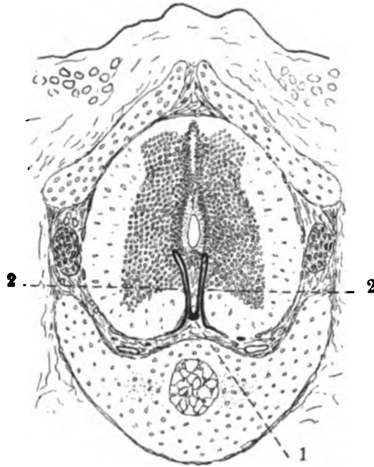


Fig. 15.

Querschnitt der Wirbelsäule eines Embryo von Lacerta muralis mit 5 mm langem Kopf im Niveau der Anlagen der proximalen Gliedmassen (Vergrösserung 72fach). 1 Tractus arteriosus ventralis, unpaar; 2 Schleifen, die von dessen Rr. dorsales gebildet werden.

Ausser diesen entstehen weiterhin von dem unpaaren Tractus arter. ventralis und von den Tractus arter. primitivi zahlreiche Rr. laterales, die sich an der ventralen Fläche des Rückenmarks verteilen.

Die Aa. radicales dorsales verzweigen sich an den lateralen Flächen und an der dorsalen, ohne jemals in das Innere der Medulla einzudringen.

Die Venen, die von den Schlingen zurückkehren, verlaufen unpaar neben dem Tractus arter. ventr. oder neben den Tractus arter. primitivi und ziehen über die ventrale Fläche, wobei sie sich mit denjenigen vereinigen, die von den oben beschriebenen Rr. laterales kommen.

Embryo mit 6 mm langem Kopf. — Der Tractus ar-

teriosus ventr. und die Tractus art. primitivi sind nun durch eine wahre A. ventralis ersetzt, die dick, von gleichförmigem Kaliber und von rundem Querschnitt ist; sie ist ein wenig ventral verschoben, da die Fissura medullaris tiefer geworden ist. Ihre Rr. dorsales bilden am Halse eine unpaare und mediane Reihe und teilen sich, in die Nähe der Kommissur gelangt, in zwei paarige und symmetrische Äste, die den Namen

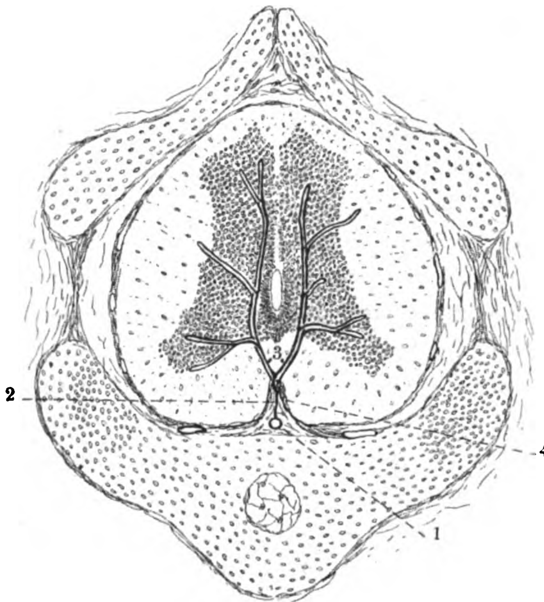


Fig. 16.

Querschnitt von einer der Anlage der proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle eines Embryo von Lacerta muralis mit 6 mm langem Kopf (Vergrösserung 72fach). 1 Arteria ventralis; 2 ihr R. dorsalis; 3 Arteriae centrales; 4 V. centralis.

Aa. centrales verdienen. An die Seiten des Centralkanals gelangt, teilen sich diese in einen R. columnae ventralis und in einen R. columnae dorsalis. Der erste wendet sich latero-ventralwärts und teilt sich seinerseits in drei oder vier sekundäre Äste, die nach kurzem Verlauf im Innern der grauen Substanz schlingenförmig enden. Der zweite verläuft unmittelbar lateral vom Centralkanal und endet schlingenförmig in den

dorsalen Säulen; einige seiner Äste enden an der Basis der ventralen Säulen. An den Seiten des Centralkanals trennen sich von dem R. columnae dorsalis zwei Äste — ein kranialer und ein kaudaler —, welche nach verschiedenem Verlauf in einer Schleife endigen. Aus den Schleifen entspringen Kapillaren, die schliesslich in der Fissura medullaris zusammenfliessen. Einige Schleifen dringen auch aus den grauen Säulen, besonders aus der dorsalen, in die umliegende weisse Substanz. Im Verlaufe der gut entwickelten Schleifen beobachtet man einige sehr kurze, die augenscheinlich erst in der Entwickelung begriffen sind.

Die Aa. radicales dorsales verteilen sich auf der Meninx primitiva, ohne in die Nervensubstanz einzudringen und bilden ein sehr dichtes Netz auf der dorsalen Fläche.

In diesem Stadium sorgt also allein die A. ventralis für die direkte Ernährung der Nervensubstanz und die Arterien haben in der letzteren centrifugale Richtung, während die Venen centripetal gerichtet sind.

Die Venen, die im Grunde der Fissura medullaris ausmünden, ergiessen sich in der Zahl von 3—6 in Längsvenen, die manchmal unter Bildung eines wahren Tractus venosus ventralis miteinander anastomosieren; von diesen Längsvenen lösen sich Äste ab, die das Septum medullare durchziehen und an die ventrale Fläche der Medulla gelangen; sie bilden die Ursprünge von Vv. radicales ventrales.

Das von den Ästen der Aa. radicales dorsales gebildete Netz lässt laterale Stämme hervorgehen, welche die dorsalen Wurzeln begleiten und die Vv. radicales dorsales bilden. Dieses Netz nimmt nicht die ganze Oberfläche ein, sondern fehlt auf einem kleinen 0,11 mm breiten Streifen, der beiderseits neben der Medianlinie liegt; seitwärts von diesem Streifen ist das Netz deutlich durch zwei Längsgefässe abgegrenzt.

Embryo mit 7 mm langem Kopf. — Die Gefässe des Rückenmarks zeigen schon viele Charaktere, durch die sie denen des ausgewachsenen Tieres ähnlich werden.

Die A. ventralis hat noch keinen dreieckigen Querschnitt angenommen und liegt im Anfang des Septum medullare. Das von den Endigungen der Aa. radicales dors. gebildete Netz zeigt dünnere und regelmässigere Äste als im vorigen Stadium.

Die Kapillarschlingen der Nervensubstanz sind zahlreicher geworden durch Verästelung der vorher vorhandenen und erstrecken sich ausschliesslich auf die graue Substanz; neue Schlingen beginnen jedoch auch von den lateralen Flächen herzukommen, wenn sie auch noch kurz sind und nur im Halsteile zu finden sind.

Die longitudinalen Venen der Fissura medullaris sind zu einem kontinuierlichen Gefäss von ansehnlichem Kaliber verschmolzen, das jetzt den Namen V. fissurae medullaris verdient.

Embryo mit 8 mm langem Kopf. — Die Hauptunterschiede zwischen den Verhältnissen dieses Stadium und denen des vorigen sind bedingt durch die Vermehrung der Zahl der Kapillarschlingen; im übrigen sind schon alle die bei dem ausgewachsenen Tier beschriebenen Eigentümlichkeiten andeutungsweise vorhanden.

In den ersten Entwickelungsstadien (bis zu dem Zeitpunkt, wo die Gefässe beginnen den Rückenmarkschlauch zu erreichen) findet man auch bei Lacerta Verhältnisse, die den bei den Elasmobranchii und den Amphibien beschriebenen ähnlich sind; sehr bald jedoch (Embryo mit 3,9 mm langem Kopfe) treten bemerkenswerte Unterschiede auf.

Man beobachtet vor allem, dass die Aa. radicales ventrales in zwei Tractus arteriosi primitivi endigen; diese erwiesen sich bei der Entwickelung der Elasmobranchii als viel dicker und regelmässiger.

Die Verteilung der Rr. laterales der eben erwähnten Tractus ist ähnlich der bei den Fischen und Amphibien beobachteten; deshalb ist die ventrale Fläche der Medulla anfangs

im medianen Teil — mit Ausnahme eines kleinen an dem Ependym gelegenen Streifens — arteriell, während die lateralen Flächen von Arterien und Venen durchflossen werden und die dorsale Fläche ohne Gefässe ist.

Das in den Wirbelkanal hineingeführte Blut hat ausschliesslich die Funktion das Rückenmark zu ernähren; es verteilt sich nämlich unmittelbar an der Peripherie dieses Organs und ist von den Wirbelanlagen durch eine Bindegewebsschicht getrennt. Die Venen sammeln sich jedoch schliesslich in zwei Längsstämmen, welche in den Winkeln liegen, die durch das Zusammentreffen der ventralen Wand mit den lateralen Wänden des Wirbelkanals gebildet werden und den Sinus endorhachidis des ausgewachsenen Tieres entsprechen. Obwohl das Blut ausschliesslich die Peripherie der Medulla ernährt, thut es dies also bereits in den ersten Stadien in einer Weise, dass es mit diesem Organ in Beziehungen tritt, die ihm eine bessere Ernährung desselben möglich machen.

Das Eindringen der Gefässe in das Innere der Nervensubstanz charakterisiert die Entwickelung der Blutgefässe des Rückenmarks bei Lacerta in schärferer Weise. Es beginnt am Grunde der Fissura medullaris und diese Gefässe besorgen bis beinahe an das Ende des Entwickelungsprozesses (Embryo mit 7 mm langem Kopf) die Ernährung der Nervensubstanz. Diese Gefässe, die Aa. centrales, sind zuerst paarig und symmetrisch und stammen von den Tractus arteriosi primitivi; später, wenn diese Tractus die A. ventralis hervorgehen lassen, stammen sie von dieser; und wenn sich endlich diese Arterie vom Grunde der Fissura medullaris entfernt, dann gehen sie von unpaaren Stämmen ab, deren nachherige Entwickelung ähnlich der der Amphibia anura ist. Bei allen diesen Wirbeltieren ist die Entwickelungsweise der Aa. centrales und die Bildung unpaarer Stämme, die diese mit der A. ventralis verbinden, aufs engste verknüpft mit der Entwickelung dieser Arterien. Damit paarige und symmetrische Aa. centrales, die ursprünglich von zwei parallelen Tractus abstammen, von einer einzigen A. ventralis abgehen können, während sie paarig

und symmetrisch bleiben, dazu ist es notwendig, dass die beiden parallelen Tractus miteinander verschmelzen, wie bei den Elasmobranchii. Die Bildung der Rr. dorsales arteriae ventralis, von denen ja beim ausgewachsenen Tiere die Aa. centrales abgehen, wird bedingt durch die Entfernung der A. ventralis von dem Grunde der Fissura medullaris, die ihrerseits durch das Wachsen der ventralen Stränge und Säulen hervorgerufen wird. Solange die Fissur oberflächlich ist, entstehen die Aa. centrales direkt aus der A. ventralis, sobald sie aber tiefer wird, muss jedes einzelne Paar der Aa. centrales dadurch, dass es in die Länge gedehnt wird, einen Zug auf die dorsale Wand der A. ventralis ausüben; diese wird dann schliesslich einen dorsalen Stamm bilden, der um so länger ist, je tiefer die Fissur ist, aus der die Aa. centrales entspringen. Das folgende Schema soll diese Bildungsweise der Aa. centrales und der Rr. dorsales arteriae ventralis veranschaulichen.

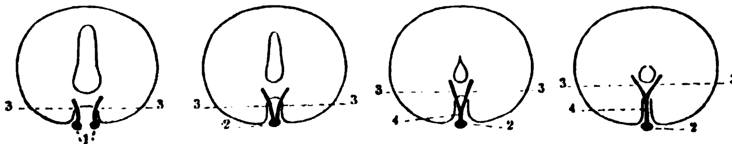


Fig. 17.

Schema, welches die Bildung der Arteriae centrales und des R. dorsalis arteriae ventralis veranschaulicht. 1 Tractus arteriosi primitivi; 2 Arteria ventralis; 3 Arteriae centrales; 4 Ramus dorsalis arteriae ventralis.

Bei den Elasmobranchii und bei den Amphibia urodela ist die Verteilung der Arterien centripetal sowohl beim Embryo als beim ausgewachsenen Tier; bei den Amphibia anura ist sie immer centrifugal; bei Lacerta ist sie zuerst centrifugal und wird dann in den letzten Momenten der Entwickelung durch das Eindringen der Arterien von der Peripherie her gemischt.

Die Arterien, die in die Medulla eindringen, enden schlingenförmig, ganz genau wie bei den Amphibia urodela; wenn nun aber auch die Bildung der Schlingen, die von der Peripherie her eindringen, derjenigen der Schlingen der genannten Amphibien ähnlich ist, so ist es die Bildung der paarigen Schlingen

die den Aa. centrales vorhergehen, nicht mehr. Während nämlich die peripheren Schlingen durch das Einwärtsbiegen eines oberflächlichen Astes in die Nervensubstanz gebildet werden, entstehen die centralen Schlingen (wenn wir für jetzt nur von den Schlingenpaaren sprechen, die ursprünglich in die Medulla eindringen) aus den Ästen der Tractus primitivi, die direkt in die Nervensubstanz eindringen ohne an deren Peripherie zu verlaufen und sich dann schlingenförmig umbiegen; infolgedessen endet in dem ersten Falle der oberflächliche Ast in einer Schlinge und man kann deshalb in seinem Verlauf nicht mehr als eine Schlinge finden; wenn auch nur zwei vorhanden wären, würde die zweite rein venös sein. Im zweiten Falle kann jeder Tractus viele Schlingen entstehen lassen ohne irgend eine Unterbrechung zu erleiden. Dies Verhalten soll durch die beiden folgenden schematischen Figuren zur Anschauung gebracht werden.

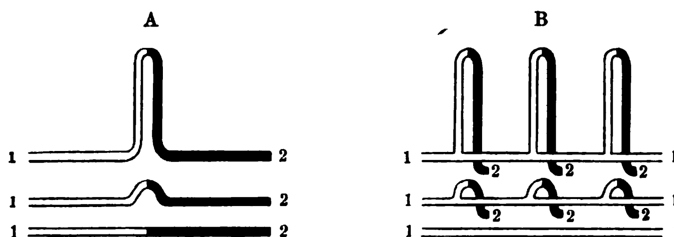


Fig. 18.
Schema zur Veranschaulichung der Bildung der Gefässschleifen im Rückenmark. A bei den Amphibia urodela. B bei Lacerta muralis. 1 Arteria; 2 Vena.

Die Art des Verhaltens der Venen nach dem Eindringen der Gefässe in das Innere des Markes ist sehr verschieden von der bei der Entwickelung der Fische und der Amphibien beobachteten, da sie auch bei Lacerta eng verknüpft ist mit der Verteilung der Arterien. Da diese zuerst rein centrifugal ist und später ganz vorwiegend centrifugal bleibt, und ausserdem die Arterien mit Schlingen endigen, müssen die Venen der Nervensubstanz statt nach der Peripherie zu laufen in die Fissura medullaris zurückkehren, wo sie enden, indem sie sich zur V. fissurae medullaris vereinigen. Die Venen der lateralen

Flächen und der dorsalen Flächen bilden kein sehr dichtes Netz mehr, sondern (vielleicht weil sie ausschliesslich von den Aa. radicales dorsales gespeist werden) ein Netz mit feinen Maschen, dem es nicht gelingt sich über die ganze dorsale Fläche auszubreiten, das vielmehr die mittlere Partie frei lässt.

Auch in der Entwickelung der Lacerta sind die Venen der Medulla — gerade wie bei derjenigen der bis jetzt untersuchten Wirbeltiere — zuerst nicht unterschieden von denen der Endorhachis; später bilden sich dagegen zwei Systeme, von denen das der Endorhachis zum Sammelgefäss des Rückenmarksystems wird.

§ 2.

Chelonia.

(Testudo graeca L.)

Embryo von 24 Tagen (Länge 5,7 mm, Entfernung zwischen den Anlagen der Gliedmassen 2 mm)[1]. — Die Rr. dorsales Aa. segmentalium verhalten sich wie beim Embryo von Lacerta mit 2 mm langem Kopf; sie liegen medial von den Anlagen der Nerven und getrennt von diesen und von den ventralen Wurzeln durch eine Schicht von Mesenchymzellen. Ihre Rr. mediales sind dick; von den Rr. dorsales sind nicht mehr als einer auf jede Arterie vorhanden.

Embryo von 32 Tagen (Länge 7 mm, Entfernung zwischen den Anlagen der Gliedmassen 3,8 mm). — Die Rr. dorsales aa segmentalium verlaufen seitlich von der Chordascheide; der medialen Partie der ventralen Fläche angelagert schicken sie eine starke A. vertebro-medullaris aus, die sich ver-

[1]) Die Entwickelungsstufe wurde bestimmt nach der Gesamtlänge und der Entfernung, die zwischen den Anlagen der proximalen und kaudalen Gliedmassen besteht; ich habe auch die Zeit in Betracht gezogen, die seit dem Ablegen der Eier verflossen war, wozu ich bemerken will, dass im Sommerklima von Padua, wenn die Eier in Erde aufbewahrt wurden, die der Mittagssonne ausgesetzt war, ungefähr 100 Tage für die vollständige Entwickelung gebraucht wurden.

hält und endigt wie beim Lacertaembryo mit 3,9 mm langem Kopf. Am Halse sind die Tractus arteriosi primitivi bereits gut entwickelt. Das von den Ästen der Aa. radicales dorsales gebildete Netz überschreitet die Ursprünge der dorsalen Wurzeln und erstreckt sich auf die lateralen Teile der Dorsalfläche.

Die Venen bilden ein dichtes Netz, das sich am Halse auch auf die ganze dorsale Fläche der Medulla ausdehnt.

Embryo von 37 Tagen (Länge 9 mm, Entfernung zwischen den Anlagen der Gliedmassen 4 mm). — Die Arterien verhalten sich bei ihm genau wie im vorigen Stadium; man beobachtet solche auch im mittleren Teil der Ventralfläche, wo sie die auch im Rückenteile gut entwickelten Tractus arteriosi primitivi unter sich kommunizieren lassen. Dorsal bemerkt man ein dichtes Kapillarnetz.

Die Ernährung der Nervensubstanz geschieht noch indirekt durch Gefässe, die auf der Oberfläche verlaufen.

Die Venen, die aus dem Rückenmark hervorkommen, vereinigen sich zu dicken Stämmen, die kaudalwärts von den ventralen Wurzeln gelegen sind.

Embryo von 41 Tagen (Länge 11,3 mm, Entfernung zwischen den Anlagen der Gliedmassen 6 mm). — Die Anlagen der Wirbelkörper, die grösser als im vorigen Stadium geworden sind, drängen die Aa. vertebro-medullares an die Ganglien, die in diesem Stadium die Intervertebrallöcher ausfüllen.

Die Tractus arter. primitivi liegen genau in der Gegend der dorsalen Winkel des grossen Septum medullare; sie sind ziemlich regelmässig und lassen Rr. mediales entstehen, die sie miteinander kommunizieren lassen, und Rr. laterales, die sich an der Ventralfläche der Medulla verteilen, sowie am Halsteil auch dünne und kurze Rr. dorsales, die aus stets paarigen und symmetrischen soliden Zelldivertikeln entstehen, in das Innere der Medulla eindringen, durch die ventrale Kommissur gehen und seitwärts von dem Ependym enden, das ventral den Centralkanal auskleidet.

Die Aa. radicales dorsales kreuzen die ventralen Wurzeln, indem sie kaudal von denselben verlaufen, und begeben sich zwischen das mediale Ende des entsprechenden Ganglions und die laterale Fläche des Markes und dann zwischen diese Fläche und die entsprechende dorsale Wurzel; sie enden sehr bald ventral von der Eintrittsstelle dieser Wurzel in das Mark durch Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast; diese Äste lassen sekundäre Äste entstehen, die sich an der dorsalen Fläche und den lateralen Flächen des Rückenmarks verteilen.

Die Venen bilden zwei Systeme, ein ventrales und ein dorsales. Das erstere wird von Stämmen verschiedener Richtung gebildet, die das Blut von der ventralen Fläche und einem kleinen Teil der lateralen Flächen sammeln. In der Nähe der Nerven vereinigen sie sich miteinander und bilden Venen, die ventral von den Ganglien verlaufen.

Das dorsale System ist das ansehnlichere; die Venen, die es bilden, sind jene, die aus dem Netz der dorsalen Fläche und des oberen Teils der lateralen Flächen hervorgehen; an den Ursprüngen der dorsalen Wurzeln bilden sie Stämme, die auf der dorsalen Fläche der Ganglien verlaufen.

Embryo von 51 Tagen (Länge 15 mm, Entfernung zwischen den Anlagen der proximalen und der kaudalen Gliedmassen 8 mm). — Dieser zeigt im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie der von 41 Tagen; doch sind die Rr. dorsales der Tractus arteriosi primitivi hohl geworden, enthalten rote Blutkörperchen und sind viel länger; die Rr. mediales sind zahlreicher. Am Hals beginnen jetzt zwei Tractus arteriosi laterales sich bemerkbar zu machen, die aus den Anastomosen der kranialen und kaudalen Äste der Aa. radicales dorsales entstehen.

Embryo von 59 Tagen (Länge 23 mm, Entfernung zwischen den Anlagen der Gliedmassen 9,5 mm). — Die Tractus arter. primitivi sind nur in der Gegend der Endigungen der Aa. radicales ventrales gleichmässig entwickelt; im übrigen Teil ihrer Bahn hat einer gewöhnlich

ein grösseres Kaliber als der andere, manchmal ist der rechte Tractus dünner, manchmal der linke. Am Halse ist der Unterschied im Kaliber zwischen den beiden Tractus sehr beträchtlich, so dass man geradezu von einem einzigen Stamm sprechen kann, der demnach durch Rückbildung eines der beiden Tractus hervorgegangen ist.

Wenn nur ein einziger Tractus arter. ventralis vorhanden ist, kommen die Rr. laterales, die zuerst von dem jetzt zurückgebildeten Tractus ausgingen, von dem Tractus, der erhalten geblieben ist, da die Anastomosen, die früher die beiden Tractus miteinander kommunizieren liessen, bestehen bleiben; der Tractus, der sich zurückbildet, wird so dünn, dass er die kranialen und kaudalen Verzweigungen der Rr. laterales bildet.

In jenem Falle, in dem die beiden Tractus wohl erhalten bleiben, fahren ihre Rr. dorsales fort zwei paarige Reihen zu bilden, die von den dorsalen Kanten des breiten Septum medullare her in das Rückenmark eindringen; in den Teilen, in denen nur einer der Tractus gut entwickelt ist, atrophieren die von dem Tractus der anderen Seite stammenden Rr. dorsales nicht, sondern erhalten sich in wohl entwickeltem Zustande, da sie ihr Blut aus dem Tractus, der erhalten geblieben ist, durch Anastomosen erhalten, die früher zwischen den beiden Tractus bestanden; sie erstrecken sich bis in den dorsalen Teil der grauen Substanz, teilen sich T-förmig, und ihre Äste anastomosieren mit denen der benachbarten Rr. dorsales unter Bildung eines Netzes mit in der Richtung der Medullarachse verlängerten Maschen.

Die Tractus arter. laterales sind im Hals und im Rücken wohl entwickelt. Ihre Äste bilden weiterhin ein Netz, das besonders an der dorsalen Fläche sehr dicht ist, wo die Kapillaren, aus denen es besteht, sehr dick sind und zwar ganz besonders an seinen Knotenpunkten. Von ihm entspringen Äste, die auch weiterhin oberhalb der dorsalen Wurzeln hinziehen.

Aus dem von den Rr. laterales tractuum arter. primit. s. tractus arter. ventralis gebildeten Netz entspringen auch Venen, welche die ventralen Nervenwurzeln begleiten, wobei sie ventral von diesen liegen; diejenigen aber, die von den lateralen Flächen stammen, verlaufen zwischen den ventralen und dorsalen Wurzeln.

In die Venen der Oberfläche der Medulla münden zahlreiche radiäre, aus der grauen Substanz stammende Äste, die augenscheinlich den Vv. periphericae des ausgewachsenen Tieres homolog sind.

Embryo von 70 Tagen (Länge 30 mm, Entfernung zwischen den Gliedmassen 11 mm). — In diesem Stadium findet sich ein einziger Tractus arter. ventralis, der durch rhombische Maschen unterbrochen ist, die im Sinne der Hauptachse des Rückenmarks verlängert sind, und an der Endigung der Aa. radicales ventrales liegen. Ziemlich selten findet sich dieser Tractus genau in der ventralen Medianlinie, sondern meist ist er rechts oder links von dieser Linie gelegen; das steht in Zusammenhang mit seiner Entstehung aus den Tractus arter. primit. Seine Rr. laterales sind sehr spärlich und dünn; die Rr. dorsales bilden eine unpaare Reihe, die im Innern des Septum medullare sekundäre Äste, die Aa. centrales, entstehen lässt.

Die Tractus arter. laterales haben die typische Form, die sie im ausgewachsenen Zustand zeigen; von ihren Ästen enden einige auf der Meninx primitiva, andere dringen in das Innere des Markes, ziehen durch die weisse Substanz und nehmen Teil an der Bildung des Kapillarnetzes der grauen Substanz.

Die Arterien der Nervensubstanz haben demnach eine doppelte Entstehung d. h. sie kommen von der Fissura medullaris (Aa. centrales) und von den lateralen Flächen (Aa. periphericae); die ersteren sind Abkömmlinge der Aa. radicales ventrales, die anderen solche der Aa. radicales dorsales. Beide verzweigen sich im Innern der Me-

dulla unter Bildung eines dichteren und weniger regelmässigen Netzes als im vorigen Stadium. Die Venen, die daraus hervorgehen, sammeln sich an der Oberfläche der Medulla und zum kleinen Teil auch im Grunde der Fissura medullaris, wo sie dünne Stämme bilden, die zwischen den Aa. centrales und dann zwischen den Tractus arter. ventr. und der Medulla verlaufen und in dem Netz enden, das sich an der ventralen Fläche befindet. An der dorsalen Fläche bemerkt man auch jetzt noch das gewohnte Venennetz mit sehr dichten Maschen, aus dem sich Emissarien abzweigen, die — wie im vorigen Stadium — dorsal von den Nervenwurzeln verlaufend austreten.

Embryo von 75 Tagen (Länge 32 mm, Entfernung zwischen den Gliedmassen 12 mm). — Wenn auch die Trennung zwischen Meninx primitiva und Endorhachis noch nicht vollständig ist, finden sich doch die Verhältnisse der Gefässe, wie sie beim ausgewachsenen Tiere sind, schon angedeutet.

Da die Fissura medullaris tiefer und enger geworden ist, erkennt man die Rr. dorsales tractus arteriosi ventralis und die Aa. centrales noch besser als im vorigen Stadium.

Das Netz der Nervensubstanz ist dichter geworden und erstreckt sich auch auf die weisse Substanz. Das oberflächliche Netz ist noch wohl erhalten auf der ganzen Peripherie der Medulla und beinahe ausschliesslich venösen Ursprungs, da die Arterien beinahe alle, nachdem sie eine gewisse Strecke der Meninx primitiva durchlaufen haben, schliesslich in das Innere des Markes eindringen.

Die longitudinalen Venen sind in diesem Zeitpunkt noch nicht entwickelt; nur ventral von den Nervenwurzeln finden sich Stämme, die das Blut von dem oberflächlichen Netz sammeln und augenscheinlich den Vv. radicales des ausgewachsenen Tieres entsprechen.

In den ersten Entwickelungsstadien giebt es demnach keinen wesentlichen Unterschied zwischen den bei Lacerta gefundenen

Verhältnissen und denen, die bei Testudo vorhanden sind; sobald aber die Gefässe beginnen die Nervensubstanz direkt zu ernähren, sind diese Unterschiede stark ausgeprägt — und sie werden es um so mehr, je weiter der Entwickelungsprozess fortschreitet.

Die Tractus arteriosi primitivi verschmelzen nicht zu einem unpaaren Tractus, wie dies bei den Elasmobranchii der Fall ist, dieser entsteht vielmehr durch Rückbildung eines der beiden paarigen Tractus; diese Rückbildung trifft bald den Tractus der rechten, bald den der linken Seite, ohne dass eine Regel besteht, sodass an der Bildung des unpaaren Tractus auch die Anastomosen zwischen den beiden Tractus primitivi, die beträchtlich an Kaliber zugenommen haben, teil nehmen. Deshalb findet sich der definitive Tractus ventralis sehr selten in der Medianlinie.

Hofmann (1900, S. 261) hat in zwei Fällen den Tractus arter. ventr. beim ausgewachsenen Tier doppelt gesehen; sowohl diese Varietät als das Vorkommen länglicher Maschen im Verlaufe des Tractus art. ventr. beim ausgewachsenen Tier sind als Ergebnisse der ausgebliebenen Rückbildung eines der beiden Tractus art. primit. und nicht der ausgebliebenen Verschmelzung dieser Tractus anzusehen, wie Hofmann (1900, S. 298) annimmt.

Die Rr. laterales der Tractus arteriosi primitivi gehen während der Entwickelung an Zahl zurück; im ausgewachsenen Zustand entspringen sie manchmal von kleinen dem unpaaren Tractus parallelen und benachbarten Stämmen, die Teile des rückgebildeten Tractus primitivus repräsentieren.

Die Rr. dorsales des Tract. art. ventr. entstehen in einer Weise, die etwas von der bei Rana und bei Lacerta beobachteten verschieden ist; wenn die beiden Tractus arteriosi primitivi zusammen vorkommen, sind diese Äste paarig und symmetrisch und verdienen, da sie direkt in das Mark eindringen, den Namen Aa. centrales; wenn sich einer der beiden Tractus zurückbildet, bleibt ein Teil seiner Aa. centrales erhalten, da er sein Blut von dem Tractus, der sich nicht zurückbildet,

vermittelst der vorher zwischen den beiden Tractus arter. primit. vorhandenen Anastomosen erhält, die vielleicht auch zwischen den Aa. centrales selbst vorhanden sind. Es steht daher fest, dass ein Teil der paarigen und symmetrischen Aa. centrales sich zurückbilden und ganz verschwinden muss, da man anders die Assymetrie dieser Arterien beim ausgewachsenen Tiere nicht erklären könnte. Die Rr. dorsales tractus arteriosi ventralis des ausgewachsenen Tieres können Nichts anderes sein, als die ventrale Partie der Aa. centrales des Tractus arter. primitivus, der erhalten geblieben ist: diese Partie an Kaliber zugenommen hat, da sie nicht mehr nur einer einzigen sondern drei oder vier dieser Arterien Blut zuzuführen hat. Weiterhin ist die Thatsache hervorzuheben, dass einige der ersten Verzweigungen dieser Aa. centrales im Innern des Marks sich parallel der Achse der Medulla und seitlich von dem Centralkanal lagern, wie dies anch bei den Elasmobranchii und den Amphibia anura geschieht.

Die Aa. radicales dorsales von Testudo enden durch Teilung in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen —, die nach einer Entwickelung von 51 Tagen miteinander zu anastomosieren beginnen unter Bildung von zwei Tractus arter. laterales; obwohl bei Lacerta auch eine ähnliche Teilung der Aa. radicales dorsales stattfindet, kommt es doch niemals zur Bildung von Tract. art. laterales vielleicht wegen der äussersten Feinheit der Aa. radicales dorsales.

Die Arterien der Nervensubstanz haben anfangs eine rein centrifugale Richtung und später eine gemischte, sie verhalten sich also wie bei Lacerta; doch sind die Aa. periphericae stärker und zahlreicher wie die von Lacerta, und das ist in Zusammenhang zu bringen mit dem grösseren Kaliber der Aa. radicales dors. und dem Vorhandensein der Tractus arter. laterales. Bei Testudo beobachtet man niemals eine Bildung von Schlingen, und die Kapillaren der Nervensubstanz entwickeln sich in ähnlicher Weise wie bei Rana.

In Anbetracht des Kalibers und der Wichtigkeit der Aa. radicales dorsales bilden die Venen ein dichtes Netz auf

der ganzen Oberfläche der Medulla, auf der ein Teil der Venen zum Ausmünden kommt, die das Blut der Nervensubstanz sammeln. Bei Lacerta ist dieses Netz ziemlich gering und fehlt in dem mittleren Teil der dorsalen Fläche. Wegen des Verteilungstypus der Arterien sind die Venen in den ersten Momenten ihrer Entstehung ausschliesslich centripetal, da sie sich in der Fissura medullaris sammeln, später werden sie vorwiegend centrifugal, da sie nach der Peripherie der Medulla gehen; bei Lacerta bleiben sie immer vorwiegend centripetal.

Auch bei Testudo enthält das Venennetz, das die Medulla in den ersten Entwickelungsstadien umgiebt, auch die Venen der Endorhachis, und erst ziemlich spät trennen sich beide Systeme voneinander.

Kapitel IV.

Aves.

Sehr spärlich sind die Kenntnisse, die wir über die Entwickelung der Rückenmarksgefässe der Vögel besitzen, und wir verdanken sie ganz allein den Untersuchungen von His (1865, S. 15). Bei Embryonen von Gallus domesticus beginnen nach diesem Autor am fünften Tage der Bebrütung die Blutgefässe in das Mesenchym zu dringen, das die Medulla umgibt; zuerst treten sie an der ventralen Fläche dieses Organs auf und verbreiten sich von dieser Stelle rapid unter Bildung eines dichten Netzes über dessen ganze Peripherie; von diesen Gefässen gehen konische Fortsätze ab, die von der Anlage des Septum anterius her in die Medulla einzudringen beginnen und später auch von den anderen Flächen herkommen; eben diese Fortsätze verzweigen sich in der Nervensubstanz, anastomosieren untereinander, werden hohl und verwandeln sich so in Blutgefässe.

Ich habe die Entwickelung der Rückenmarksgefässe bei Gallus domesticus Briss. studiert. Die Embryonen wurden von

der A. umbilicalis aus mit gesättigter Lösung von Berliner Blau oder mit chinesischer Tusche injiziert, wobei ich als Kanüle eine Glaspipette mit sehr dünner und rechtwinkelig abgebogener Spitze anwendete; von jedem Stadium wurden einige Embryonen, nachdem sie zu Serienschnitten verarbeitet waren, untersucht, von anderen wurde das Rückenmark in toto untersucht. Für diese letztere Untersuchung isolierte ich bei den Stadien von weniger als 12 Tagen die Wirbelsäule mit ihrem Inhalt und untersuchte sie unter dem Mikroskop, nachdem ich sie in Xylol aufgehellt hatte. Durch die Knorpelanlagen der Wirbel hindurch kann man auf diese Weise die Rückenmarkgefässe recht gut beobachten. Die Querschnitte entstammen gewöhnlich dem Rückenmarksegment, das den Wurzeln der proximalen Gliedmassen entspricht.

Gallus domesticus.

68 Stunden Bebrütung. — Schon in diesem Stadium zeigt die Medulla besondere Blutgefässe; sie kommen von den Aa. segmentales, die zur Seite der Chorda, medial von den Spinalnerven gelegen, verlaufen, sich dann der betreffenden lateralen Fläche des Rückenmarkschlauches anlagern und sich bald in Äste teilen, die sich bis in die Gegend des dorsalen Randes des Myotoms erstrecken. Von diesen starken aber wenig zahlreichen Ästen, entspringen Venen, die lateral von denselben verlaufen und sich zu den Vv. segmentales vereinigen, die nach aussen von den gleichnamigen Arterien gelegen und diesen parallel sind. In der folgenden Figur 19 sind diese Verhältnisse zur Anschauung gebracht worden.

Demnach gelangen die Blutgefässe zuerst an die lateralen Flächen, die den Wänden des Medullarrohres entsprechen, welche die lebhaftesten Wachstumserscheinungen zeigen.

72 Stunden. — Die Aa. segmentales geben, nachdem sie in den durch das Zusammenstossen der Chorda dorsalis und der ventralen Fläche gebildeten rechten Winkel gelangt sind,

ein kurzes aber dickes mediales Divertikel ab, das als die direkte Fortsetzung des Stammes erscheint; dann setzen sie ihren Verlauf an den lateralen Flächen fort und verteilen sich an dem Achsenmesenchym, das die Medulla wie im vorigen Stadium umgiebt. Die Venen zeigen keine Besonderheiten.

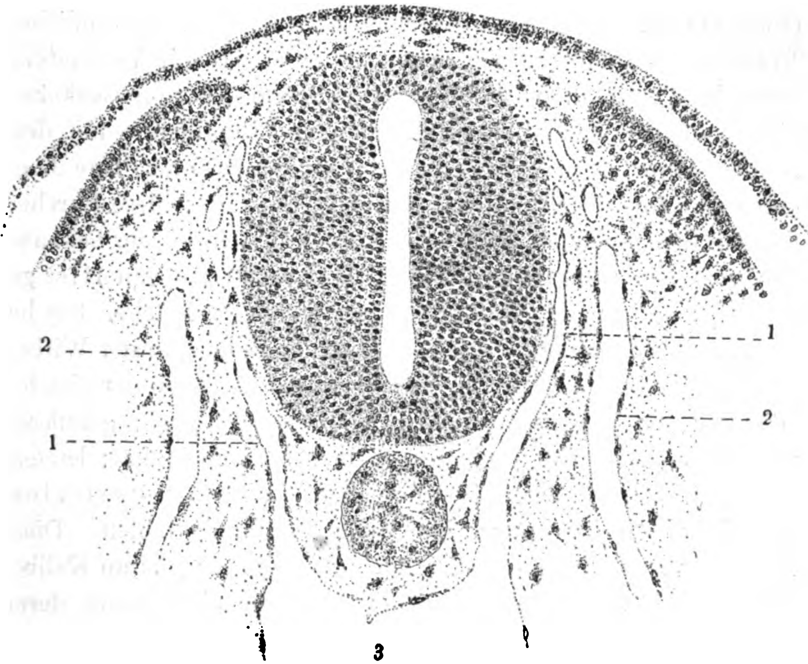


Fig. 19.

Querschnitt durch den Rücken eines Hühnerembryo nach 68 stündiger Bebrütung — direkt unterhalb des Herzens (Vergrösserung 190 fach). 1 Arteria segmentalis; 2 Vena segmentalis; 3 Aorta.

88 Stunden. — Das mediale Divertikel der Aa. segmentales hat sich in einen dicken R. medialis umgewandelt; deshalb teilen sich in diesem Stadium die Aa. segmentales, nachdem in das Achsenmesenchym, das die Chordascheide vom Medullarrohr trennte, medial von den ventralen Nervenwurzeln (von denen sie jedoch durch eine dicke, am Halse 0,084 mm breite Mesenchymschicht getrennt sind) in zwei Äste, einen sehr starken R. medialis und einen ziemlich dünnen R. la-

tero-dorsalis; dieser letztere entspricht dem Teil der A. segmentalis, der in den vorigen Stadien seitwärts von der Medulla lag (s. Textfigur 20).

Der R. medialis endet nach sehr kurzem Verlauf, den er unter Einhaltung der Richtung der A. segmentalis, von der er abstammt, vollführt, sehr bald durch T-förmige Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast, die beide mit ähnlichen Verzweigungen der benachbarten Rr. mediales in Verbindung treten und auf diese Weise zwei parallele Anastomosenketten bilden, die ich — wie bei den Fischen und Reptilien — mit dem Namen Tractus arteriosi primitivi bezeichne. Ihre Lage entspricht zwei oberflächlichen Sulci ventrales; diese Furchen trennen den medianen Teil der ventralen Fläche — der bekanntlich von dem ventralen Ependym (Bodenplatte von His) gebildet ist — von den seitlichen Partieen dieser Fläche. Sie beginnen im verlängerten Mark, bleiben längs der ganzen Wirbelsäule wohl entwickelt bis in die Gegend der Anlagen der distalen Gliedmassen; jenseits derselben sind sie weniger regelmässig und zeigen stets Unterbrechungen in ihrer Kontinuität; letztere werden immer häufiger bis schliesslich die Tractus arteriosi primitivi an der Spitze der Cauda vollständig fehlen. Diese Anastomosen nehmen vom Schädel bis zum Schwanz an Kaliber nicht ab; sie zeigen im Querschnitt die Form einer Birne, deren breiteres Ende medialwärs gekehrt ist; am Halse beträgt der quere Durchmesser 0,009 mm, der Durchmesser von vorn nach hinten 0,004 mm.

Von den Tractus arterios. primitivi gehen zahlreiche Rr. laterales ab, die sich an der ventralen Fläche der Medulla unter Bildung eines Netzes mit in der Querrichtung verlängerten Maschen verteilen; die Gefässe, welche diese Maschen bilden, haben kapillaren Bau und ansehnliches Kaliber. Dieses Netz ist an den Knotenpunkten sehr verdickt.

Die Rr. latero-dorsales aa. segmentalium ziehen über die lateralen Flächen der Medulla, eingeschlossen in der Schicht des perimedullären Bindegewebes, das ihr anhaftet, und enden unmittelbar ventral von den Ganglien durch Teilung in Rücken-

marksäste und Ganglienäste. Die ersteren verteilen sich an den lateralen Flächen der Medulla unter Bildung eines dichten Netzes, die anderen umhüllen die entsprechenden Ganglien.

Aus den Netzen der lateralen Flächen entspringen Venen, die zwischen den Ganglien und der Medulla verlaufen und sich am ventralen Rand eines jeden Ganglion vereinigen, indem die kranialen mit den kaudalen zusammenfliessen zu

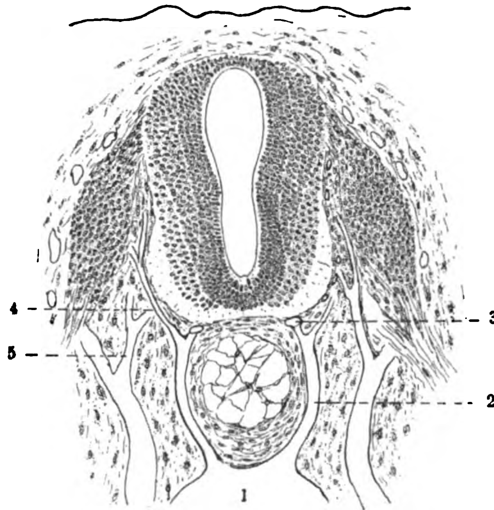


Fig. 20.

Querschnitt durch den Rücken eines Embryo von Gallus nach 88 Stunden Bebrütung, von einer den Anlagen der proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle (Vergrösserung 120fach). 1 Aorta; 2 Arteria segmentalis; 3 Tractus arter. primit.; 4 Ramus dorsalis arteriae segmentalis; 5 aus dem perimedullaren Mesenchym stammende Vene.

einem dicken Stamm, der sich ventralwärts wendet, wobei er die dorsalen Wurzeln begleitet und mit deren kaudaler Fläche in Berührung steht. Einige Venen des dorsalen Teiles der lateralen Flächen ziehen über die äussere Fläche der Ganglien, sammeln das aus dem Netz derselben stammende Blut und münden ebenfalls in den erwähnten Stamm (s. Textfigur 20).

Die von der ventralen Fläche stammenden Venen sammeln sich auf gleiche Weise in laterale Stämme, deren Kaliber ungefähr halb so gross ist wie das der dorsalen; sie verlaufen

dem kaudalen Rand der ventralen Wurzeln angelagert und fliessen an der Stelle, an der sich diese Wurzeln mit den dorsalen vereinigen, mit den dorsalen Venen zusammen, wodurch die Vv. vertebro-medullares entstehen.

In diesem Stadium fehlen noch die Blutgefässe in der Medulla.

96 Stunden. — Die an der Peripherie des Rückenmarks verlaufenden Gefässe verhalten sich wie im vorigen Stadium.

Von den Tractus art. primitivi, die dicker und regelmässiger sind als beim Embryo von 88 Stunden, gehen ausser den Rr. laterales auch spärliche und dünne, konstant paarige und symmetrische Rr. dorsales ab, die sich dorsalwärts wenden, erst seitlich von dem ventralen Ependym, dann seitlich von dem Centralkanal verlaufen und in der inneren Schicht der grauen Substanz eingeschlossen sind. Der grösste Teil derselben wird von soliden Bindegewebsfortsätzen gebildet; einige sind jedoch hohl und enden blindsackförmig — manchmal, nachdem sie einen sekundären Ast abgegeben haben, der auch in derselben Weise neben der Mitte der lateralen Wandungen des Centralkanals oder ventral von derselben endet. Diese Gefässe sind nur im Halse gut wahrzunehmen; im Rücken findet man nur solide Fortsätze, die seitlich von dem ventralen Ependym oder in dessen Nähe Halt machen; im kaudalen Teil des Stammes fehlen sie vollständig.

120 Stunden (Fig. 21 im Text). — Die Äste der Aa. segmentales, die in das perimedullare Mesenchym eindringen, sind infolge des Wachstums der Chordascheide lateralwärts, d. h. in die Nähe der Anlagen der ventralen Wurzeln verschoben (vgl. Fig. 20 und Fig. 21 im Text). In der Gegend der Ursprünge dieser Wurzeln geben sie einen kurzen Stamm ab, der den Namen A. vertebro-medullaris (3) verdient. Nachdem sie die Medulla in dem durch das Zusammentreffen der ventralen Fläche mit den lateralen Flächen gebildeten Winkel erreicht haben, teilen sie sich in einen oder zwei Rr. mediales und in einen oder mehrere Rr. dorsales; wegen der Homologie mit den Arterien des ausgewachsenen Tieres und wegen der Beziehungen, die sie zu den Wurzeln haben, können die

ersteren Aa. radicales ventrales (4), die zweiten Aa. radicales dorsales (7) genannt werden.

Die ersteren stellen die direkte Fortsetzung der Aa. vertebro-medullares dar und enden in den Tractus art. primitivi (5); die dorsales geben auch an die lateralen Partien der dorsalen Fläche Zweige ab.

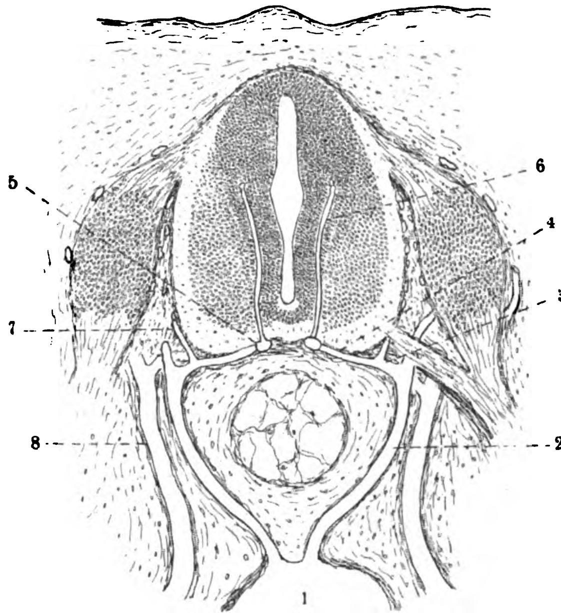


Fig. 21.

Querschnitt durch den Rücken von einem Hühnerembryo nach 120 Stunden Bebrütung — von einer den Anlagen der proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle (Vergrösserung 80fach). 1 Aorta; 2 Arteria segmentalis; 3 Arteria vertebro-medullaris; 4 Arteria radicalis ventralis; 5 Tractus arter. primit.; 6 sein R. dorsalis; 7 Arteria radicalis dorsalis; 8 Vena segmentalis.

Die Gefässe der Nervensubstanz werden noch ausschliesslich von Rr. dorsales tractuum arter. primit. gebildet (6), die paarig und symmetrisch sind; sie erstrecken sich bis an die Mitte der lateralen Wandungen des Canalis centralis und teilen sich dann ihrerseits in zwei sekundäre Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die häufig mit ähnlichen Nachbarästen anastomo-

sieren. Es entstehen auf diese Weise im Innern des Rückenmarks zwei Reihen von Arkaden mit dorsal gerichteter Konvexität, eine auf jeder Seite des Centralkanals. Sowohl von den Rr. dorsales tractuum arter. primit. als von den eben genannten Ästen gehen solide und hohle Fortsätze aus, die nach kurzem Verlauf endigen.

Von den aus dem Rückenmark zurückkehrenden Venen verlaufen einige dorsal von den Ganglien, andere ziehen zwischen den ventralen und dorsalen Wurzeln hin, und andere endlich medial von den ventralen Wurzeln; sie münden alle in die Vv. segmentariae (8).

136 Stunden. — Die Aa. vertebro-medullares sind länger als im vorigen Stadium.

Die Aa. radicales ventrales verlaufen zwischen der Medulla und der Chordascheide in transversaler Richtung, geben einige kollaterale Äste ab und enden durch Bildung der Tractus arter. primit., die in den dorsalen Winkeln der breiten Anlage des Septum medullare eingeschlossen sind; die beiden Tractus stehen durch Rr. communicantes miteinander in Verbindung, die das mittlere Drittel der ventralen Fläche, dem bisher Gefässe fehlten, durchziehen. Die Rr. dorsales tractuum arter. primit. sind zahlreicher als im vorigen Stadium und deshalb auch die Gefässe der Nervensubstanz.

Die Aa. radicales dorsales bilden auch auf der ganzen Oberfläche der Medulla ein Netz, so dass man sagen kann, dass die Medulla in diesem Stadium ganz von Gefässen umgeben ist.

In das Venennetz der lateralen Flächen münden spärliche Äste, die aus dem Innern der Medulla kommen.

158 Stunden. — In Bezug auf die Aa. radicales ventrales ist wenig hinzuzufügen; wie man aus Textfigur 22 ersieht, enden sie in den Tractus arter. primitivi. Die Bildung dieser Tractus kommt in folgender Weise zu stande: jede A. radicalis ventralis (2) endet durch Teilung in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen — die in den Winkeln des breiten

Septum medullare verlaufen. Die Teilung kann entweder unmittelbar hinter dem Ursprung der A. radicalis erfolgen oder in verschiedener Entfernung von demselben; manchmal erfolgt sie auch genau an der Stelle der lateralen Winkel des oben erwähnten Septum. Aus den zwischen diesen Ästen bestehenden Anastomosen entstehen die Tractus arter. primit. (3), die von so vielen langen Arkaden gebildet werden, wie interradikale Segmente vorhanden sind; die Konvexität dieser Arkaden ist medialwärts gerichtet, weshalb sie in der Mitte der obenerwähnten Segmente am nächsten aneinander liegen.

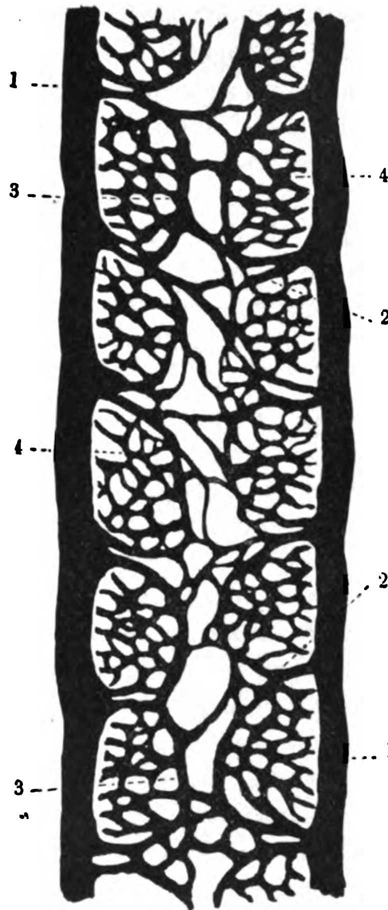


Fig. 22.

Hühnerembryo nach 158 Stunden Bebrütung mit chinesischer Tusche injiziert: Ventralfläche des Rückenmarks von einer den proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle, durch die Anlage der Wirbelsäule hindurch gesehen (Vergrösserung 60 fach). 1 Arteria vertebralis; 2 Arteria radicalis ventralis; 3 Tractus arter. primit.; 4 Rete meningeum ventrale.

Die Aa. radicales dorsales verhalten sich wie im vorigen Stadium und enden in einem viel dichteren Netz (vergl. Fig. 23 im Text).

Von jedem Tractus arter. primit. entspringen auch jetzt noch Rr. laterales, Rr. mediales und Rr. dorsales. Die ersteren teilen sich und anastomosieren an der ventralen Fläche unter Bildung eines sehr unregelmässigen Netzes, wie aus Fig. 22 im Texte zu ersehen ist; die zweiten sind zahlreicher als im vorigen Stadium und bilden ein rein

arterielles, im Innern des Septum medullare gelegenes Netz, das eine weite Verbindungsbahn zwischen den beiden Tractus arter. primit. bildet; die Rr. dorsales bilden noch zwei parallele Reihen wie im vorigen Stadium. Diese letzteren verlaufen nach ihrem Eindringen in das Innere der Medulla seitlich vom Centralkanal, wobei sie zahlreiche Äste entstehen lassen, die in derselben Sagittalebene liegen, in welcher der Tractus arter. primit., von dem sie entspringen, gelegen ist. Dadurch, dass diese Äste miteinander anastomosieren, bilden sie ein Netz mit polygonalen Maschen, von dem laterale Äste ausgehen, die, nachdem sie in der grauen Substanz in mannigfaltiger Weise miteinander anastomosiert haben, das Rückenmark durchziehen und in die Venen der entsprechenden lateralen Flächen ausmünden. Die Rr. dorsales tractuum arter. primit. enden durch T-förmige Teilung ein wenig ventral von dem dorsalen Ende des Centralkanals und bilden die Grenze des oben beschriebenen sagittalen arteriellen Netzes; diese Grenze ist jedoch nicht geradlinig, sondern besteht aus vielen kleinen Arkaden mit dorsalwärts gerichteter Konvexität. Sowohl in dem sagittalen Netz als in den von diesem abstammenden Ästen sind die Knotenpunkte meistens dicker als die anderen Stellen. Die Ernährung der Nervensubstanz vollzieht sich demnach in viel lebhafterer Weise als im vorigen Stadium.

Von den Venen auf der Oberfläche und im Innern des Markes, die wir beschrieben haben, entspringen Venen, die in zwei Paar Systeme gruppiert werden können — die der ventralen Flächen und die der anderen Flächen.

Die ventralen Systeme bestehen aus einem rechten und einem linken (Textfig. 22) und kommen aus dem von den Rr. laterales tractuum arter. primit. gebildeten Netz; die Venen, die diese Systeme bilden, sind klein, von kapillarer Struktur und liegen an den Öffnungen, durch welche die ventralen Wurzeln in den Wirbelkanal eindringen.

Die anderen Systeme entspringen an der dorsalen Fläche der Medulla aus dem dichten Kapillarnetz, das sich auf dieser Fläche befindet und von den Endigungen der Aa. radi-

cales dorsales gebildet wird. Dieses Netz nimmt die ganze dorsale Fläche der Medulla ein, und die Maschen, aus denen es besteht, haben sehr verschiedene Gestalt, wie aus Textfig. 23 hervorgeht — sind aber immer sehr klein und zahlreich und zwar mehr als auf den anderen Flächen des Markes. Aus ihnen entspringen Stämme, die ein grösseres Kaliber haben als die Gefässe des Netzes, aber deren Struktur beibehalten und nach aussen von den dorsalen Wurzeln verlaufen. An den lateralen Flächen findet man ein nur wenig dichtes Venennetz, das den Ursprung von Stämmen bildet, die sich mit den aus dem ventralen Netz kommenden Stämmen vereinigen; die durch diese Vereinigung entstehenden Venen fliessen mit den aus dem dorsalen Netz kommenden zusammen und bilden so die Vv. vertebromedullares.



Fig. 23.
Hühnerembryo nach 158 Stunden Bebrütung m. chinesischer Tusche injiziert: Netz der Dorsalfläche des Rückenmarks beobachtet an einer den proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle (Vergrösserung 60 fach.)

Wie in den vorigen Stadien liegen die Netze, die das Mark umgeben, immer in einer einzigen Ebene, und infolgedessen sind sie in der Nähe des Endes einer Arterie rein arteriell, in der Nähe des Ursprungs einer Vene aber rein venös; es giebt also Teile des Rückenmarks, in denen eine lebhaftere Ernährung stattfindet als in anderen.

8 Tage (Fig. 24 im Text). — Im wesentlichen finden sich dieselben Verhältnisse wie im vorigen Stadium.

Die Aa. radical. ventr. (2), von denen beim Embryo von

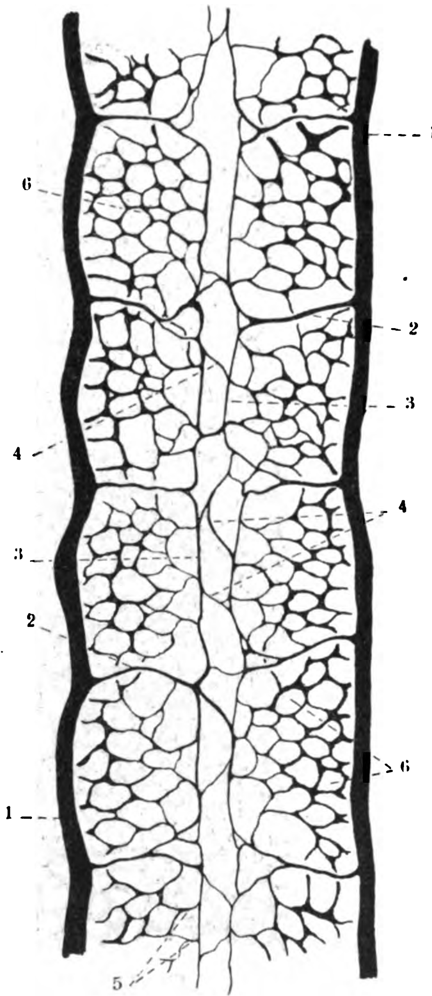


Fig. 24.

Ventralfläche des Rückenmarks von einem Hühnerembryo nach 8 tägiger Bebrütung, mit chinesischer Tusche injiziert, von einer den proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle (Vergrösserung 50 fach). 1 Arteria vertebralis; 2, 2 Arteriae radicales ventrales; 3, 3 Tractus arter. primit.; 4, 4 Rami mediales der Tractus arter. primit.; 5, 5 Rami laterales der ebengenannten; 6, 6 Rete meningeum ventrale.

158 Stunden häufig zwei oder drei auf ein und dieselbe A. vertebro-medullaris kamen (vergleiche Textfigur 22), sind nun auf eine für jede A. vertebro-medullaris zurückgegangen; sie ziehen auf mehr oder weniger regelmässiger Bahn über die ventrale Fläche der Medulla und enden in verschiedener Entfernung von der Medianlinie in die Tractus arter. primit. (3). Auf ihrem Wege geben sie spärliche und dünne Äste ab, die sich an der ventralen Fläche des Markes verteilen.

Von Aa. radicales dors. sind auch eine für jede A. vertebro-medullaris vorhanden; sie steigen auf gegen den Rücken, wobei sie in der Mitte der ventralen Fläche der Ganglien liegen, und enden unmittelbar ventral vom Ursprung der Wurzeln durch Teilung in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen —, die mit ähnlichen Ästen der gleichnamigen Nacharterien anastomosieren unter Bildung von zwei Tractus arteriosi laterales.

Die Tractus arter. primit. (3) sind viel feiner und regelmässiger als im vorigen Stadium und die Arkaden, aus deren Gesamtheit sie hervorgehen, sind weniger ausgesprochen; sie finden sich noch in den dorsalen Winkeln des breiten Septum medullare und geben auch noch drei Arten von Ästen ab. Die Rr. laterales (5) sind klein und selten und verteilen sich an der ventralen Fläche unter Bildung eines Netzes, das feiner ist und weniger enge Maschen hat als beim Embryo von 158 Stunden; an der Bildung des Netzes nehmen auch die Äste teil, die von den Aa. radicales ventrales ausgehen; die Rr. mediales (4) sind an Menge denen des vorigen Stadiums gleich, aber auch sie sind feiner und regelmässiger geworden; die Rr. dorsales endlich sind zahlreicher geworden und schicken eine grössere Zahl von Kapillaren in das Innere des Rückenmarks.

Von den Tractus arter. laterales lösen sich zahlreiche Rr. dorsales und ventrales ab. Die ersteren verteilen sich an der dorsalen Fläche unter Bildung eines ähnlichen Netzes wie beim Embryo von 158 Stunden, dessen Maschen aber noch dichter sind; dagegen bilden die Rr. ventrales ein ziemlich zartes Netz an den lateralen Flächen.

Die Venen, die aus dem Wirbelkanal austreten, zeigen keine wesentlichen Unterschiede gegen die des vorigen Stadiums.

9 Tage. — Die Tractus arter. primit. sind sehr unregelmässig; wenn sich auch die Entfernung zwischen ihnen nicht vermindert hat, so beobachtet man trotzdem, dass einige der Äste, die sie miteinander in Verbindung treten lassen, so sehr an Kaliber zugenommen haben, dass sie als direkte Fortsetzung der Aa. radicales ventrales erscheinen. Ausserdem nehmen einige der letztgenannten Arterien an Kaliber ab, während andere dicker werden, und ähnlich verhalten sich einige Teile des Tractus arter. primit. Ihre Rr. laterales bilden auch jetzt noch zusammen mit den von den Aa. radicales ventrales gelieferten Ästen ein Netz; dessen Maschen werden von dünneren Gefässen gebildet als in den vorigen Stadien und die Gefässe, aus denen es besteht, bleiben auch

an den Aa. radicales ventr. erhalten und verlaufen zwischen diesen und dem Mark. Die Rr. dorsales sind nicht symmetrisch; im Innern des Septum medullare sind sie durch Anastomosen untereinander verbunden; aus dem Grunde der Fissura medullaris dringen sie in das Rückenmark und verzweigen sich in der grauen Substanz unter Bildung eines Netzes, das dem des vorigen Stadiums gleich ist.

An der Lendenanschwellung sind die Tractus arter. primit. vollständiger als im Hals und Rücken, da beide Tractus in guter Entwickelung erhalten geblieben sind.

Die Tractus arter. laterales sind dicker und vollständiger als im vorigen Stadium, sie bilden zwei lange und ununterbrochene Anastomosenketten, die ventral vom Ursprung der dorsalen Wurzeln liegen, und aus soviel Arkaden mit medialwärts gekehrter Konvexität bestehen, als interradikale Segmente vorhanden sind. Ihr Kaliber ist um weniges kleiner als das der Tractus arter. primit. Von ihnen gehen Zweige ab, die denen des achttägigen Embryo gleich sind, sich an den lateralen Flächen und an der dorsalen Fläche verzweigen und zum Teil in die Medulla eindringen, während sie zum andern Teil in das venöse Netz dieser Flächen eintreten. Auf diese Weise erhält die Medulla in diesem Stadium Blut sowohl von den Aa. radicales ventrales als von den Aa. rad. dorsales. Die Äste, die von den letzteren kommen, sind sehr dünn, ziehen ungeteilt durch die Anlage der weissen Substanz und enden in der grauen, indem sie sich mannigfach teilen und mit den Verzweigungen der Rr. dorsales tractuum arter. primit. anastomosieren.

Das Kapillarnetz der grauen Substanz zeigt Maschen von polygonaler Gestalt, die meist in der Richtung der Längsachse des Markes verlängert sind; die Kapillaren, aus denen es besteht, sind nicht sehr gewunden und zeigen auch keine plötzlichen Knickungen; die Knotenpunkte des Netzes sind leicht verdickt. In der weissen Substanz giebt es kein Kapillarnetz, sondern in ihr finden sich nur Gefässe, die sie durchziehen.

Von den Venen, die von diesen Kapillaren kommen, gehen einige an die Peripherie der Medulla, andere dünne und seltene Venen begeben sich in den Grund der Fissura medullaris, durchziehen dieselbe zwischen den Ästen der Rr. dorsales tractuum arter. primit. verlaufend, wenden sich bald rechts bald links, verlaufen zwischen einem Tractus art. primit. und dem Rückenmark und enden in dem Netz der ventralen Fläche.

Aus dem dichten Netz der dorsalen Fläche gehen Stämme hervor, welche keine gut bestimmte Anordnung zeigen und welche die dorsalen Wurzeln begleiten, indem sie auf deren lateraler Oberfläche verlaufen.

10 Tage. — Im Halse bleiben die beiden Tractus art. primit. nur an den Endigungen der Aa. radicales ventr. gleichmässig gut entwickelt; an den übrigen Stellen ist nunmehr die eine grösser als die andere, ohne irgend welche Gesetzmässigkeit (Fig. 25 im Text). Nach dem Schwanz zu fortschreitend sieht man die beiden Tractus

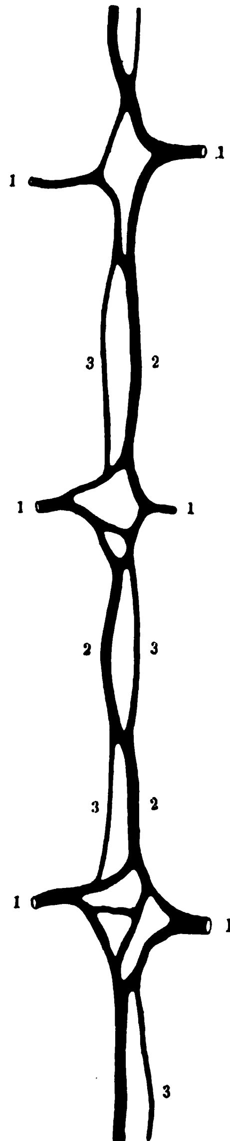


Fig. 25. Hühnerembryo nach 10 tägiger Bebrütung: Tractus arteriosi primitivi, beobachtet im Halsteil des Rückenmarks nach Injektion der Gefässe des Embryo (Vergrösserung 75 fach). — 1, 1, 1 Arteriae radicales ventrales; 2, 2, 2 Teile der Tractus arter. primit. von grösserem Kaliber; 3, 3, 3 Teile derselben von kleinerem Kaliber.

allmählich mit allen Eigenschaften, die sie im vorigen Stadium besassen, wieder erscheinen. Die Rr. laterales dieser Tractus teilen sich nach wechselndem Verlauf in sekundäre Äste, von denen sich einige in der Meninx primitiva verteilen und andere in das Innere der Medulla eindringen; die Rr. dorsales verhalten sich, wie beim Embryo von 9 Tagen.

Von den Tractus arter. laterales gehen am Halse Rr. dorsales ab, die unter Abgabe von sekundären Ästen, die über die dorsale Fläche ziehen und — an die Medianlinie gelangt — sich T-förmig teilen; die Verzweigungen, die daraus entstehen, anastomosieren mit anderen Nachbarzweigen, indem sie so einen Tractus arter. dorsalis bilden, der ein nur wenig geringeres Kaliber hat als die Tractus arter. laterales. Aus dem Tractus arter. dorsalis entspringen Äste, die sich wie die der Tractus arter. laterales verhalten.

Von dem ganzen Umfang der Medulla dringen Arterien in dieselbe, die den Namen Aa. periphericae verdienen; viele verzweigen sich auch jetzt noch ausschliesslich in der grauen Substanz, viele verzweigen sich aber auch an der Grenze zwischen der grauen und der weissen Substanz, und in diesem letzteren Falle sind ihre Äste leicht gebogen mit gegen das Markcentrum gerichteter Konvexität; es gehen von ihnen sekundäre Äste ab, die in die graue Substanz dringen und sich dort verzweigen. Manchmal beobachtet man, dass die auf der genannten Grenze gelegenen primären Äste der Aa. periphericae, nachdem sie sekundäre Äste abgegeben haben — oder auch ohne dass dies geschehen ist, in eine Vene enden, der, weil sie den gleichen Verlauf hat wie die gleichnamigen Arterien, der Name V. peripherica zukommt; auf diese Weise entstehen direkte Anastomosen zwischen Arterien und Venen, die an die Vorkapillaren des ausgewachsenen Tieres erinnern.

Die Vv. periphericae findet man auf dem ganzen Umfang der Medulla; auf der ventralen Fläche sind sie, wenn man von der Gegend der ventralen grauen Säulen absieht, spärlich, an den lateralen — im Gegensatz dazu — zahlreich und auf der dorsalen Fläche äusserst spärlich, abgesehen von der Gegend der

Medianlinie, wo sie längs eines 0,15 mm breiten longitudinalen Streifens sehr zahlreich sind.

Die Vv. periphericae ventrales kommen aus den gleichnamigen grauen Säulen, die Vv. p. dorsales von dem oberen Teil der Basis der grauen Säulen gleichen Namens, die Vv. p. laterales aus der übrigen grauen Substanz.

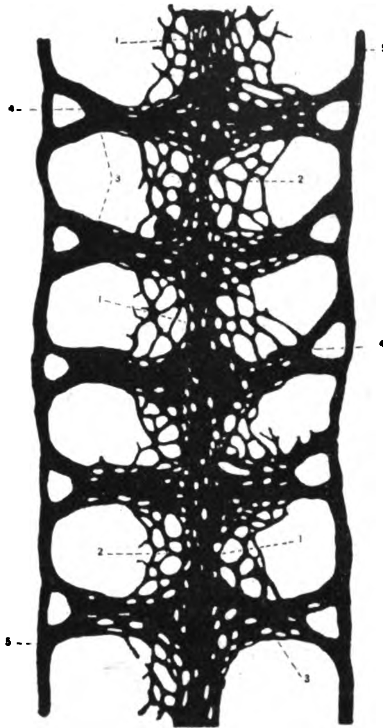


Fig. 26.

Hühnerembryo von 10 Tagen: Rete endorhachideum dorsale und seine Emissarien im Halsteil — von der dorsalen Fläche gesehen (Vergrösserung 25 fach). 1, 1 verdickte mediane Zone des Rete endorh.; 2, 2 laterale Zonen mit weiteren Maschen; 3, 3 verdickte transversale Züge des Netzes; 4, 4 Teilung derselben in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen; 5, 5 Vv. vertebrales.

Ausser den Vv. periphericae ventrales münden an der ventralen Fläche der Medulla auch die aus der Fissura medullaris kommenden Venen aus, die Vv. centrales genannt werden können; sie bilden auf der Meninx ein sehr zierliches Netz, von dem Äste ausgehen, die sich in ein zweites dichteres und gröberes Netz ergiessen, welches in dem Bindegewebe liegt, das die Anlage der Meninx primitiva von der der Endorhachis trennt; ich werde das erstere Rete meningeum ventrale und das zweite Rete endorhachideum ventrale nennen. Diese Netze entsprechen dem bei Embryonen von 6, 8 und 9 Tagen an der ventralen Fläche der Medulla zu findenden Venennetz.

Im wesentlichen gleiche Verhältnisse findet man auf der dorsalen Fläche mit dem Unterschied, dass das Rete perimenin-

geum dorsale noch unvollständiger ist als das ventrale, da es von kurzen Stämmen gebildet wird, die hier und da die Endigungen der Vv. periphericae dorsales miteinander vereinigen. Das Rete endorhachideum dorsale, das von dem vorigen durch eine Bindegewebsschicht getrennt ist, die dünner ist als die auf der ventralen Seite zu findende, entspricht dem dichten Netz, das sich bei den früheren Embryonen über die ganze dorsale Fläche ausdehnte; nach zehntägigem Brüten geht dieses Netz wichtige Veränderungen ein, die in dem cervikalen Teil etwas anders sind als in dem dorso-lumbalen Teil der Wirbelsäule.

In dem cervikalen Teil wird das Netz längs der Medianlinie viel dichter, und seine Maschen verschwinden an vielen Stellen, wie man in Fig 26 sieht. Auf diese Weise entsteht ein ca. 0,20 mm breiter Streifen (1, 1), der an den Ursprüngen der Nerven verbreiterte Stellen zeigt. Lateral von diesem wird das Rete endorhachideum dorsale viel weiter als im vorigen Stadium, ausgenommen an den Wurzeln, da sich hier der Vorgang wiederholt, der in der medianen Zone stattfindet; auf diese Weise bilden sich im Mittel 0,18 mm breite transversale Züge (3, 3), die aus dem Wirbelkanal neben der lateralen Fläche der Wurzeln austreten. Diese transversalen Züge setzen sich bis zur Medianlinie fort, wobei sie den longitudinalen Teil an den oben erwähnten verbreiterten Stellen treffen; ventralwärts dehnen sie sich bis zu den Intervertebrallöchern aus und teilen sich dann in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen — (4), die leicht divergieren und endlich in die Vv. vertebrales (5) münden. Auf diese Weise passieren die Nervenwurzeln bei ihrem Austritt aus dem Wirbelkanal durch dicke Venenringe.

Im dorso-lumbalen Teil (Fig. 27 im Text, 1) verhält sich das Rete endorhachideum dorsale wesentlich in derselben Weise; statt einen dicken unpaaren Streifen längs der Medianlinie entstehen zu lassen, bilden sie aber deren zwei kleine, die aus der Vereinigung so vieler mehr oder weniger deutlichen Arkaden, als interradikale Segmente vorhanden sind, hervorgehen; des-

halb sind sie einander in der Mitte dieser Segmente mehr genähert; während sie im Lendenteil (Fig. 27 im Text, 2) an diesen Strecken voneinander getrennt sind, sind sie dagegen in dem dorsalen Teil miteinander verschmolzen. Zahlreiche quere Äste lassen die beiden Längsstreifen, die an den Gelenkverbindungen zwischen den Wirbeln regelmässiger und dicker sind, miteinander kommunizieren. Von den medianen Streifen gehen Queräste ab, die denen des cervikalen Teiles ähnlich sind.

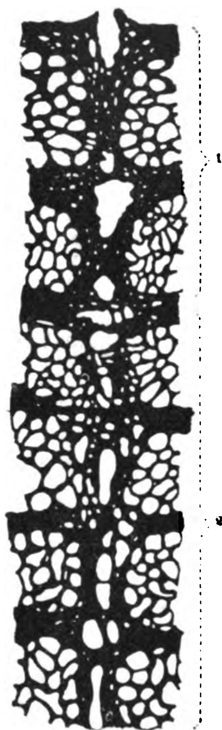


Fig. 27.

Hühnerembryo von 10 Tagen: Rete endorhachideum dorsale und seine Emissarien im Rückenteil (1) und Lendenteil (2), von der dorsalen Fläche gesehen (Vergrösserung 25 fach).

Kaudal von der Lendenanschwellung wird das Rete endorhachideum wieder gleichförmig auf der ganzen dorsalen Fläche; es endet durch Verschmelzung mit dem Rete meningeum.

Auf den lateralen Flächen bilden die Venen ein Netz mit rundlichen Maschen, das dem im vorigen Stadium auf dieser Oberfläche beobachteten entspricht; das in ihm cirkulierende Blut, stammt von den Rr. ventrales tractuum arter. later., von Rr. laterales tractus arteriosi ventralis und von den Vv. periphericae laterales.

12 Tage und 12 Stunden. — Anstatt der zwei Tractus arter. primit. findet man längs der ganzen Wirbelsäule einen einzigen Tractus arteriosus ventralis; doch sind im Lendenteil die Überreste der beiden Tractus arter. primit. deutlich vorhanden, da man neben dem wohl entwickelten Tractus, kleine dem vorigen parallele Stämmchen beobachtet, die mit diesem mittelst Anastomosen verbunden sind. Wie man aus Fig. 28 ersieht, zeigt der Tractus arter. ventr. eine durchaus eigenartige Struktur; er entsteht nämlich aus der Vereini-

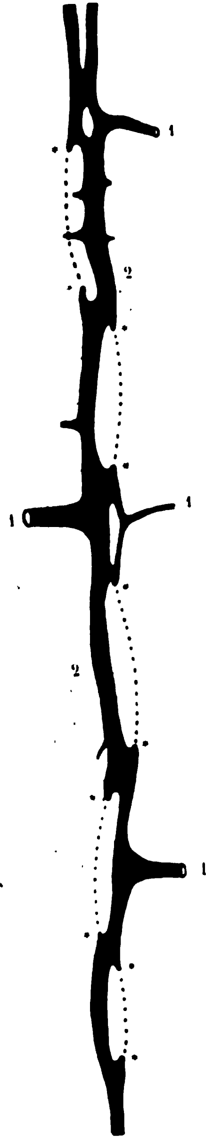


Fig. 28.

Tractus arteriosus ventralis des dorsalen Teils des Rückenmarks von einem Hühnerembryo von 12 Tagen und 12 Stunden (Vergrösserung 80-fach). 1, 1 Arteriae radicales ventrales; 2, 2 Tractus arter. ventr.; *, * konische Fortsätze im Verlauf des Tractus.

gung mehr oder weniger langer Teilstrecken (gewöhnlich 2 oder 3 auf jedes interradikale Segment), die sich nicht längs der Medianlinie, sondern bald rechts bald links von dieser Linie finden. An den Stellen des Übergangs von einer Teilstrecke zur anderen sieht man in seinem Verlauf kurze konische Fortsätze, die blindsackförmig enden und sich jedesmal auf der Seite der Linia mediana finden, auf welcher der Tractus ventr. nicht gelegen ist. Von den beiden Fortsätzen, welche den Enden einer jeden Teilstrecke des Traktus entsprechen, ist der kaudale kranialwärts gekehrt und der kraniale kaudalwärts; sie repräsentieren die Enden der Teilstrecken der Tractus arter. primit., die im vorigen Stadium dünner geworden waren und in dem jetzigen Stadium zurückgebildet worden sind, wodurch sie die Bildung eines einzigen Tractus ventralis herbeigeführt haben; wenn man je zwei der konischen Divertikel durch punktierte Linien miteinander verbindet, wie dies in der Figur geschehen ist, dann stellt man den Verlauf dieser rückgebildeten Teile der Tractus arter. primit. wieder her.

Meistens sind die beiden Tractus art. primit. an den Einmündungsstellen der Aa. radicales ventr. erhalten geblieben, wo rhombische in der Richtung der Medullarachse verlängerte Maschen gebildet werden (s. Textfig. 28); das beruht auf dem Umstand, dass die Aa. radical. ventr. meistens paarig bleiben.

Von dem Tractus art. ventr. lösen sich Rr. laterales und Rr. dorsales ab. Die Rr. laterales, die sich in der Hälfte der ventralen Fläche verteilen, in der der Teil des Tractus art. ventr. gelegen ist, von dem sie ausgehen, entsprechen den Rr. laterales des Tractus arter. primit., der diesem Teil des Tractus arter. ventr. vorausgegangen ist; dagegen entspringen die Rr. laterales, welche in die andere Hälfte gehen und in dem früheren Stadium von einem jetzt verschwundenen Teil des Tractus art. primit. stammen, von dem Tractus arter. ventr., mit dem sie durch die transversalen Anastomosen verbunden sind, die im vorigen Stadium die beiden Tractus arter. primit. miteinander kommunizieren liessen und erhalten geblieben sind. Man beobachtet nämlich im Verlauf dieser letzteren Rr. laterales häufig Anschwellungen, welche die Überbleibsel des nunmehr verschwundenen Teils des Tractus arter. primit. sind.

Während im vorigen Stadium zwei Reihen von Rr. dorsales tractuum arter. primit. vorhanden waren, — und zwar einer auf jeder Seite der Medulla — sind die beiden nunmehr nur an den Maschen erhalten geblieben, die an den Endigungen der Aa. radic. ventr. gelegen sind; im übrigen giebt es, da nur ein einziger Tractus vorhanden ist, auch nur eine einzige Reihe von Rr. dorsales. Diese dringen in die Fissura medullaris ein und teilen sich nach einer gewissen Strecke in sekundäre Äste, die sich in die Nervensubstanz hineinbegeben; nur diesen letzteren Ästen kommt also der Name Aa. centrales zu. Wie ist nun aus den beiden paarigen Reihen von Rr. dorsales der früheren Stadien die unpaare Reihe des Stadiums entstanden, das wir jetzt untersuchen?

Die Verhältnisse, die sich auch in diesem Stadium beobachten lassen, gestatten uns die Umbildungen zu rekonstruieren, welche

die beiden Reihen der Rr. dorsales der vorhergehenden Stadien durchzumachen hatten, um sich zu einem einzigen zurückzubilden. So lange die beiden Tractus arteriosi primitivi gleichmässig gut entwickelt waren, konnten ihre Rr. dorsales zwei gleiche Reihen bilden; sobald aber einer dieser Tractus atrophiert, atrophieren auch die Rr. dorsales, die von ihm ausgehen, häufig aber nur auf eine kurze Strecke — es lassen sich Spuren von ihm noch nach 12½ Tagen der Bebrütung beobachten —, während sie in ihrem dorsalen Teil durchgehend bleiben. In diesem Teil empfangen sie ihr Blut von den Rr. dorsales, die von dem Tractus primit. der entgegengesetzten Seite stammen; dies wird ermöglicht durch die Anastomosen, welche die Rr. dorsales der beiden Seiten auch in den vorhergehenden Stadien miteinander verbinden; die eben erwähnten Anastomosen werden überdies viel dicker. Auf diese Weise werden trotz der Reduktion und dem Verschwinden des einen Tractus arter. primitiv. die beiden Hälften des Rückenmarks beständig gleichmässig vaskularisiert. Die Aa. centrales, die sich in diesem Stadium beobachten lassen, sind daher nichts anderes als die dorsalen Teile der Rr. dorsales, die von den Tractus art. primit. der vorhergehenden Stadien stammen. Das folgende Schema (Textfig. 29) dient dazu das eben Gesagte zu veranschaulichen.

Die Tractus arter. laterales sind stark und haben einen geradlinigen Verlauf, ausgenommen in der Lendenanschwellung, wo sie sehr ausgesprochen die charakteristische Gestalt von Arkaden zeigen; sie verlaufen unmittelbar ventral vom Ursprung der dorsalen Wurzeln. Ihre Rr. ventrales und dorsales enden alle, indem sie in das Rückenmark eindringen; sie lassen auch Rr. mediales entstehen, die alsbald in die weisse Substanz eindringen.

Auch die Rr. laterales tractus arteriosi ventralis dringen schliesslich nach verschiedenem Verlauf in die Medulla, sodass man in diesem Stadium keinerlei Zusammenhang mehr zwischen den Arterien und Venen der Oberfläche beobachtet, wie dies in den vorigen Stadien der Fall war.

Der Tractus arter. dorsalis ist am Halse sehr gut entwickelt.

Die Kapillaren der grauen Substanz bilden ein ziemlich dichtes und verwickeltes Netz; die weisse Substanz wird noch einfach von den Aa. und Vv. periphericae durchzogen.

Das Rete venosum endorhachideum ist scharf geschieden vom Rete venosum meningeum, da der perimeningeale Raum nicht mehr durch Bindegewebsbälkchen unter-

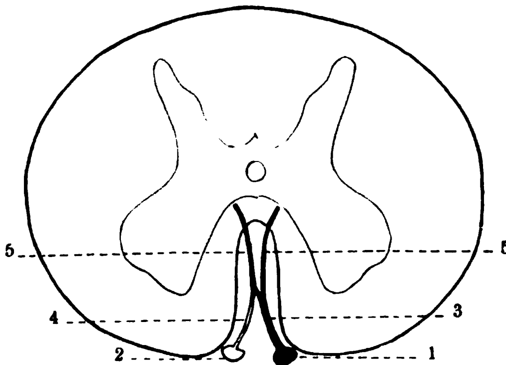


Fig. 29.

Schema zur Veranschaulichung der Bildung der Rr. dorsales Tractus arteriosi ventralis und der Aa. centrales bei den Vögeln. 1 Tractus arter. primit., der erhalten geblieben ist und sich in den definitiven Tractus arter. ventr. umgebildet hat; 2 Tractus arter. primit., der sich zurückgebildet hat und verschwindet; 3 ventraler Teil des R. dorsalis des Tractus arter. primit., der erhalten geblieben ist und sich in den R. dorsalis Tractus arteriosi ventralis umbildet; 4 ventrale Partie des R. dorsalis des zurückgebildeten Tractus arter. primit., die sich auch zurückbildet; 5, 5 Aa. centrales.

brochen wird und die ganze Medulla umgiebt, während die Stämme verschwinden, die diese beiden Venensysteme untereinander kommunizieren liessen.

Das Rete venosum endorhachideum ventrale geht dieselben Veränderungen ein, die an der dorsalen Fläche bereits beim Embryo von 10 Tagen beobachtet wurden; auf diese Weise wandeln sie sich in die Sinus ventrales endorhachidis um, mit denen ich mich in einer anderen Arbeit beschäftigen werde. Das Rete meningeum ventrale ist sehr zierlich und sammelt sich an den ventralen Wurzeln in zwei oder drei Stämmen,

welche diese begleiten; sie verdienen den Namen Vv. radicales ventrales.

In derselben Weise bildet sich das Rete venosum endorhachideum dorsale um in den Sinus dorsalis endorhachidis und seine Emissaria, während sich im Rete venosum meningeum dorsale Längsstämme bilden, von denen sich, längs der dorsalen Medianlinie gelegen, je zwei miteinander vereinigen und Venen entstehen lassen, welche sich bald rechts bald links wendend, die dorsale Fläche durchziehen und die dorsalen Wurzeln begleiten, weshalb sie den Namen Vv. radicales dorsales verdienen. Während ihres Verlaufes nehmen sie kleine Venen auf, die von der dorsalen Fläche und auch von den lateralen Flächen kommen.

14 Tage. — Der Tractus arter. ventr. zeigt die charakteristischen Verhältnisse des ausgewachsenen Tieres; an einzelnen Stellen finden sich noch einige Sporne und winklige Knickungen, welche die Überbleibsel des im vorigen Stadium bemerkten Divertikels sind; im übrigen sind die verschiedenen Teile, aus deren Gesamtheit der Tractus hervorgeht, im allgemeinen nicht mehr zu erkennen; ausserdem liegt er in der Medianlinie.

Seine Rr. dorsales und die Aa. centrales zeigen die Eigenschaften, die für die des ausgewachsenen Tieres charakteristisch sind.

Die Tractus arter. later. sind wohl entwickelt und regelmässig längs der ganzen Medulla vorhanden.

Das Kapillarnetz der Nervensubstanz wird von Maschen gebildet, die in ihrem Verlauf Krümmungen zu zeigen beginnen. Die Aa. periphericae geben auf ihrem Verlauf durch die weisse Substanz laterale Äste ab, welche nach weiteren Teilungen oder ungeteilt (Vorkapillaren) in die Vv. periphericae übergehen. So beginnt sich neben dem Netz der grauen Substanz das der weissen auszubilden.

Die Venen, die auf der Oberfläche des Marks verlaufen, beginnen eine gewisse Regelmässigkeit der Anordnung zu zeigen. Im vorigen Stadium war schon das Auftreten dorsaler Längsstämme, Vv. medianae dorsales, zu beobachten, von denen

die Vv. radicales dorsales abgehen; diese Stämme sind regelmässiger und dicker geworden. An der ventralen Fläche bemerkt man an den Seiten des Tractus art. ventr. kleine Längsvenen, die noch sehr kurz sind, da sie selten den dritten Teil eines jeden Spatium interradicale überschreiten. Indem sich je zwei derselben an den Ursprüngen der ventralen Wurzeln vereinigen, lassen sie bald rechts bald links die Vv. radicales ventrales entstehen. An den lateralen Flächen findet man Längsvenen ausschliesslich in der Nähe der Tractus arter. later.; sie sind die erste Andeutung der Vv. laterales des ausgewachsenen Zustandes und sehr kurz.

Wie man also sieht, haben die Blutgefässe der Medulla in diesem Stadium die wesentlichen Charaktere derjenigen des ausgewachsenen Zustandes angenommen; bei Embryonen nach 15tägiger Bebrütung werden diese Charaktere noch deutlicher und in solchen, die 17 Tage bebrütet worden sind, kann man wahrnehmen, dass die Rückenmarksgefässe die gleichen Verhältnisse zeigen, wie im ausgewachsenen Zustande.

Schlussfolgerungen.

Wenn wir nun, nachdem wir die Charaktere der Rückenmarkgefässe in den einzelnen Entwickelungsstadien von Gallus kennen gelernt haben, dieselben in ihrer Gesamtheit betrachten, dann lässt sich feststellen, welches die allmählichen Veränderungen sind, die diese Gefässe eingehen, und erkennen, ob Unterschiede vorhanden sind von der Art des Verhaltens in der Entwickelung der gleichen Gefässe bei den bis jetzt in Untersuchung genommenen Wirbeltieren.

Die Blutgefässe erreichen das Rückenmark sehr zeitig, bereits nach 68 Stunden Bebrütung, während His (loc. cit.) sie erst am fünften Tage beobachtet hat, das heisst zu einer Zeit, wo sie schon sehr regelmässige Gestalt und Anordnung ange-

nommen haben; ausserdem erscheinen sie nicht zuerst an der ventralen Fläche, wie dieser Autor angiebt, sondern vielmehr an den lateralen Flächen, welche denjenigen Wänden des Medullarrohres entsprechen, die in lebhaftem Wachstum begriffen sind, während die ventrale Wand noch für lange Zeit aus einer einfachen Epithelschicht besteht.

Die ersten Arterien der Medulla sind die Aa. segmentales, die im Anfang nur die Ernährung dieses Organs besorgen und medial von den Nerven — von ihnen durch eine breite Mesenchymschicht getrennt — verlaufen; das allmähliche Wachsen der Chordascheide drängt sie seitwärts und nähert sie den Nerven. Jede derselben teilt sich sehr bald in einen R. medialis, der wegen dieser Verschiebung beständig länger wird, und in einen R. latero-dorsalis; der erstere wandelt sich in der Folge in die A. radicalis ventralis um. Die Aa. radicales dorsales in den Embryonen erscheinen erst nach 120stündiger Bebrütung und stammen zusammen mit den Aa. radicales ventrales von einem gemeinsamen Stamm, der die A. vertebro-medullaris darstellt; sie entsprechen dem äusseren Segment der A. radicalis ventralis der vorigen Stadien.

Die ersten longitudinalen Gefässe, welche sich an der Oberfläche der Medulla bilden, sind die Tractus arter. primitivi; sie bleiben in den Embryonen erhalten bis am 10. Tage, aber sie gehen allmählich Veränderungen ein und bilden sich in ihrem Kaliber bald rechts bald links zurück, bis sie schliesslich bei einem Embryo von 12 Tagen und 12 Stunden durch einen einzigen Tractus arter. ventralis ersetzt werden. Wie die vorausgehenden Figuren und Beschreibungen zeigen, entsteht dieser Tractus demnach nicht aus einer Verschmelzung zweier Tractus arter. primit., wie man allgemein glaubt. Die Circuli, die im Verlauf des Tractus ventralis beim ausgewachsenen Tiere zu finden sind, stellen die Überbleibsel der ursprünglichen Duplicität dar.

Von den Tractus arter. primitivi entspringen die ersten Gefässe, die in die Medulla eindringen; diese Gefässe

kommen später von den Rr. dorsales des Tractus ventralis. Bei der Beschreibung des Embryos von 12 Tagen und 12 Stunden habe ich angegeben, dass diese Rr. dorsales dem ventralen Teil der Rr. dorsales des Tractus arter. primit., der erhalten geblieben ist, und — wie die Aa. centrales des ausgewachsenen Tieres — dem dorsalen Teil der Rr. dorsales tractuum arter. primit. entsprechen. In den Circuli arteriosi entspringen die Aa. centrales nicht von einem einzigen R. dorsalis; in ihnen haben sich die ursprünglichen Verhältnisse auch im ausgewachsenen Zustand erhalten.

Später als die Tractus arter. primit. bilden sich die Tractus arter. laterales, die unmittelbar ventral von den Ursprüngen der dorsalen Wurzeln gelegen sind; sie zeigen sich erst wohl entwickelt bei Embryonen nach achttägiger Bebrütung. Das Auftreten dieser Anastomosenketten scheint mir an das der dorsalen Wurzeln gebunden zu sein; diese bilden nämlich zwei fast ununterbrochene Barrièren zwischen den lateralen Flächen und der dorsalen, und die Aa. radicales dorsales, welche einen Teil ihres Blutes dieser letzteren Fläche zuführen müssen, sind gezwungen ihre dorsalen Äste zwischen einer Wurzel und einer anderen hindurchtreten zu lassen und, da sie in der Mitte der Wurzeln gelegen sind, sich in einen kranialen und einen kaudalen Ast zu teilen.

Die Gefässe beschränken sich zuerst darauf, die Medulla indirekt zu ernähren, indem sie auf ihrer Oberfläche verlaufen; erst später beginnen sie in das Innere des Markes einzudringen, und da die ersten, die dies thun, die Rr. dorsales tractuum arter. primit. sind, haben diese Gefässe zu dieser Zeit centrifugale Richtung; in der Folge entstehen viele Aa. periphericae, die zuerst von den lateralen Flächen, dann von der ventralen und schliesslich von der dorsalen eintreten; diese vermehren sich derartig und so schnell, dass sie an Zahl und Bedeutung selbst die Aa. centrales übertreffen, gerade wie dies im ausgewachsenen Zustand der Fall ist. Auf diese Weise geht auch bei den Vögeln die centrifugale Verteilung in eine gemischte, vorwiegend centripetale, über.

Die Arterien enden in den ersten Stadien ausschliesslich an der Peripherie der Medulla, dann zum Teil an der Peripherie und zum Teil in dem Innern des Markes und schliesslich nur auf die letztere Art; demnach werden die Beziehungen zwischen Nervensubstanz und kreisendem Blut um so inniger, je mehr man zu fortgeschritteneren Stadien aufsteigt.

Ausserdem enden im Anfang die Arterien ausschliesslich in der grauen Substanz, da dieses am meisten der Ernährung bedürftig ist, und erst sehr viel später verzweigen sie sich auch in der weissen. Die Kapillarnetze, die dabei entstehen, haben in der ersten Zeit ihres Auftretens regelmässige Maschen, die in ebenen Flächen liegen; in der Folge bestehen sie aus unregelmässigen Maschen, und die Gefässe, aus denen sie bestehen, sind mannigfach gewunden; auf diese Weise wird die Berührungsfläche zwischen Nervensubstanz und kreisendem Blut immer grösser und daher der Stoffaustausch zwischen beiden immer leichter und reichlicher.

Die Venen, die in den ersten Stadien nur an der Oberfläche des Marks entspringen, dann zum Teil an der Oberfläche und zum Teil in dessen Innerem und zuletzt nur auf diese zweite Art, sammeln sich alle an der Peripherie dieses Organs und bilden ein Netz, aus dem grössere Stämme entspringen. Die Venen, die zuerst entstehen, sind die Vv. periphericae; die zuletzt auftretenden sind die Vv. centrales; diese letzteren behalten für immer eine geringe Bedeutung im Vergleich mit den ersteren; demnach verhalten sich die Venen umgekehrt wie die Arterien.

Solange die Gefässe nur oberflächlich sind, geht das arterielle Netz in das venöse über, sodass es Teile der Oberfläche der Medulla giebt, die lebhaft ernährt werden, und Teile mit spärlicher Ernährung; unter diesen letzteren ist bemerkenswert die dorsale Fläche, wo die Venen ein sehr dichtes und verwickeltes Netz bilden. Später, nach dem Eindringen der Gefässe in das Innere des Marks, findet man die Venen auch an der Oberfläche untermischt mit den Arterien und das wird hauptsächlich bewirkt durch die Vv. periphericae, die sich auf der ganzen

Oberfläche des Markes finden; jedoch beobachtet man immer (und das macht sich auch im ausgewachsenen Zustand geltend), dass die Venen der dorsalen Fläche gegen die der anderen Flächen vorherrschen.

Das in einer einzigen Schicht gelegene Venennetz, das die Medulla bis zum zehnten Bebrütungstag umgiebt, repräsentiert die definitiven meningealen Venen nur an den lateralen Flächen; dorsal und ventral wird dieses Venennetz von den Meningen durch das Auftreten des Spatium perimeningeum getrennt und wandelt es sich in die Sinus endorhachidis um, während an der Oberfläche der Medulla ein neues Netz mit feineren Maschen entsteht, das nach kurzer Zeit in das Netz der Endorhachis einmündet, aber sehr bald jede Beziehung zu diesem verliert und sich in die Vv. radicales ergiesst. Man beobachtet demnach auch in der Entwickelung des Hühnchens bis zu einem gewissen Stadium sehr innige Beziehungen zwischen den meningealen Venen und den Sinus der Endorhachis.

Die letzten longitudinalen Gefässe, die sich an der Oberfläche der Medulla bilden, sind die Venen; die ersten, die auftreten, sind die Vv. medianae dorsales, die letzten die Vv. laterales.

Wenn man die Entwickelung der Rückenmarkgefässe von Gallus mit der von Testudo vergleicht, dann sieht man, dass sie in den ersten Stadien geradezu gleich und in den späteren Stadien im wesentlichen übereinstimmend ist.

Kapitel V.

Mammalia.

In den Lehrbüchern der Anatomie und der Embryologie, in denen die Entwickelung der Blutgefässe der Medulla spinalis erwähnt wird, findet man die Ergebnisse der Untersuchungen

zusammengefasst, die His (1886, S. 493—496) über diesen Gegenstand an menschlichen Embryonen angestellt hat, und die ich hier wörtlich wiedergebe: „Unmittelbar jenseits von der meningealen Grenzhaut treten Blutgefässe auf, welche am Rumpf von den Intervertebralgefässen, am Kopf von den Aorten aus gespeist werden. Im Schädel erscheinen sie zuerst an der Basis, im Wirbelgebiet an der Vorderfläche des Rückenmarkes, sie breiten sich aber weiterhin rasch um die Höhlenwand herum aus..... Im Rückenmark selbst sind zu der Zeit noch keine Gefässe vorhanden.

Als Anastomosenketten meningealer Gefässe entwickeln sich zwei neben der Mittellinie verlaufende Längsgefässe, die Aa. spinales anteriores. Dieselben sind paarig angelegt, hängen aber stellenweise durch Queranastomosen unter einander zusammen. Ein zweites Längsgefässsystem, das man als das der Aa. spinales posteriores bezeichnen kann, bildet sich unmittelbar vor der Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln. Von diesen beiden Systemen aus entstehen Gefässsprossen, welche in das Innere des Rückenmarks eindringen. Zuerst treten zwei Reihen von vorderen Stämmchen auf, die nach der Terminologie von Adamkiewicz als Arteriae sulci zu bezeichnen sind. So finden wir die Verhältnisse bei Embryo N (von 10,9 mm Länge). In nahezu parallelem Verlaufe dorsalwärts gehend, erreichen die beiderseitigen Stämmchen das Rückenmark. Nach ihrem Eintritt etwas divergierend gehen sie jederseits vom Rande der vorderen Kommissur, lateralwärts von der radiär gestreiften Innenplatte zwischen ihr und der Bogenschicht nach rückwärts und ihre Endzweige reichen zu der Zeit bis das in Niveau der eintretenden sensibeln Wurzeln. Frontalschnitte zeigen das Vorhandensein vertikaler Anastomosen zwischen den in horizontaler Richtung vordringenden Aa. sulci. Die Innenplatte bleibt nicht gefässfrei, es treten auch in sie Kapillarschlingen ein, die bis in die Nähe des Centralkanales vordringen können. Kurz nach dem Eintritt in das Rückenmark giebt jede A. sulci bei Embryo N Seitenäste ab, die seitlich in die motorische Säule eintreten und die zur Zeit noch eine schräg dorsale Richtung einschlagen. Bei

der späteren Dislokation der Vorderhörner werden diese Äste rückläufig und als solche zeigen sie die Figuren von Adamkiewicz.

Die beiden A. sulci ..... versorgen, indem sie von der Gegend der vorderen Kommissur ausstrahlen, den grösseren Teil der Vorder- und die vordere Hälfte der Hintersäulen. Die beiderseitigen Aa. sulci werden weiterhin in der Mittellinie zusammengeschoben und sie verschmelzen miteinander, gleich den Aa. spinales anteriores. . . . .

Bald nach den Aa. sulci wachsen auch von den Aa. spinales posteriores aus Gefässsprossen in das Rückenmark ein, sie erreichen dasselbe in einiger Entfernung von der Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln, gehen in transversaler Richtung durch die Zellengruppen dieser Gegend hindurch und dringen bis in das hintere Ausbreitungsgebiet der Aa. sulci vor. Diese Gefässe..... entsprechen offenbar den Aa. cornu posterioris laterales.......

Noch etwas später als die zuletzt genannten Stämmchen treten solche auf, welche mit den vorderen Wurzelfasern ins Rückenmark eindringen. Ihnen folgen dann fernere Gefässe aus der Vasocorona (Adamkiewicz). Zuletzt bilden sich die von der Dorsalseite herkommenden Gefässe, deren Erscheinen, soweit ich aus meinen Präparaten ersehe, nicht vor Beginn des 3. Monats fällt."

Wie sich aus dem oben Gesagten ergiebt, sind die Untersuchungen von His über den Gegenstand, mit dem wir uns jetzt hier beschäftigen, sehr begrenzt und beziehen sich auf das wenige, was man an Schnitten nicht injizierter Embryonen beobachten kann. Was die Arterien betrifft, so erhalten wir wenige Andeutungen über die Entwickelung des Tract. arter. ventralis (A. spinalis anterior von His), der Tractus art. laterales (Aa. spinales posteriores von His) und der Aa. centrales (Aa. sulci von His); in Bezug auf die tiefen Gefässe beschränkt sich His auf die Angabe des Verlaufes der Aa. centrales und die Reihenfolge bei dem Auftreten

der Aa. periphericae; mit den Venen beschäftigt er sich gar nicht.

In der im April 1900 zu Pavia abgehaltenen Versammlung der Anatomischen Gesellschaft habe ich (S. 99—101) eine kurze Mitteilung gemacht, in der ich die Ansicht aussprach, dass die Arterien früher auf der ventralen Fläche der Medulla auftreten als auf der dorsalen — dass die A. spinalis ventralis und die Aa. sulci von Anfang an einzige Gefässe sind d. h. nicht aus der longitudinalen Verschmelzung zweier Arterien entstehen — und dass die Aa. spinales dorsales das Ergebnis der Anastomose von kranialen und kaudalen Ästen der Aa. radicales dorsales sind.

Ich werde die Entwickelung der Gefässe des Rückenmarks von Ovis aries L. eingehend beschreiben, wobei ich bemerke, dass die Untersuchungen an Embryonen angestellt wurden, die mit chinesischer Tusche oder mit Berlinerblaulösung injiziert waren, und dass ich mich bei denselben der nämlichen technischen Methoden bediente, die ich bereits in der Einleitung des Kap. IV beschrieben habe; von den Verhältnissen anderer Säugetierembryonen, die zum Teil injiziert waren, zum Teil nicht, gebe ich nur eine kurze Zusammenstellung.

Ovis aries.

Embryo von 5,5 mm Länge[1]. — In dem Achsenmesenchym, das den ganzen Medullarschlauch umgiebt, verlaufen zahlreiche Blutgefässe, die von den Rr. dorsales aa. segmentalium stammen, welche in gewundenem Verlauf und mit unregelmässigem Kaliber sich medialwärts wenden und vor den ventralen Nervenwurzeln, von denselben durch eine dicke Schicht von Mesenchymzellen getrennt, hinziehen. In der Nähe der

[1] Die Länge der Embryonen bezieht sich bei den sehr jungen Embryonen auf die grösste Achse des Körpers; bei den weiter vorgeschrittenen Stadien ist sie gerechnet vom Bregma bis zum kaudalen Ende des Rumpfes; die Schwanzlänge wurde, da sie nicht immer in direkter Beziehung zum Grade der Entwickelung steht, nicht berücksichtigt.

Winkel, die durch das Zusammentreffen der ventralen Fläche mit den lateralen Flächen der Medulla gebildet werden, teilen sich diese Arterien in Rr. ventrales und Rr. dorsales.

Die ersteren halten sich in der Mesenchymschicht, die das Medullarrohr unmittelbar bekleidet, durchlaufen dessen ventrale Fläche in querer Richtung und enden in der Nähe der Medianlinie durch Teilung in zwei sekundäre Äste, einen kranialen und einen kaudalen; diese Äste anastomosieren nicht mit den Nachbarästen unter Bildung von Tractus, sondern lassen zahlreiche laterale Äste entstehen, die sich auf der ventralen Fläche verzweigen. Es fehlen mediane Verzweigungen, sodass der der Basalplatte von His entsprechende Teil der Oberfläche keine Gefässe besitzt.

Die Rr. dorsales verhalten sich wie beim Embryo von Gallus nach 88stündiger Bebrütung.

Aus den eben beschriebenen Verzweigungen der Arterien gehen Venen hervor, welche zu dicken Stämmen zusammenfliessen, die sich den Nervenwurzeln beigesellen.

Der dorsalen Fläche fehlen noch die Gefässe.

In diesem Stadium beginnen die Gefässe in das Innere des Rückenmarks einzudringen; jedoch sind sie noch nicht hohl, sondern stellen nur kleine, kurze, konische Divertikel dar, die sich seitwärts von der Bodenplatte zwischen dieser und den Anlagen der vorderen Hörner einsenken. Darauf wenden sie sich ventro-dorsal und ein wenig nach innen, sodass sie in den ventralen Teil der Innenplatte eindringen. Sie werden aus spindelförmigen Zellen gebildet, die eng aneinander gelagert sind. Meistens enden sie unmittelbar, nachdem sie in die Innenplatte eingedrungen sind. Diese Divertikel, die zwei parallele Längsreihen bilden — eine auf jeder Seite — gehen aus den kranialen und kaudalen Ästen hervor, die ihrerseits von den oben beschriebenen Rr. ventrales abstammen. Von den anderen Flächen des Rückenmarkes dringen noch keine Gefässe ein.

Embryo von 6,6 mm Länge. — Der Teil eines jeden R. dorsalis aa. segmentalium, der dem Medullarrohre am

nächsten liegt, verdient den Namen A. vertebro-medullaris. Diese liegt in fast gleicher Entfernung von der Chorda und der entsprechenden ventralen Wurzel und ist deshalb ein wenig weiter lateralwärts verschoben als beim Embryo von 5,5 mm Länge; nachdem sie das Medullarrohr in derselben Weise erreicht hat, wie dies beim vorigen Stadium angegeben wurde, bildet sie, anstatt zwei oder drei Rr. ventrales hervorgehen zu lassen, nur einen einzigen, dem man den Namen A. radicalis ventralis geben kann; das rührt her von dem Umstand, dass von den zwei bis drei im vorigen Stadium vorhandenen Ästen, nur einer an Kaliber zunimmt. Die Aa. radicales ventr. haben elliptischen Querschnitt, gleichsam als wenn sie zwischen der Medulla und der Chordascheide zusammengedrückt würden. Die seitliche Verschiebung der Aa. vertebro-medullares bewirkt, dass die Aa. radical. ventr. einen längeren Weg machen müssen als im vorigen Stadium, um die seitlich von der Basalplatte gelegenen Furchen zu erreichen, die man Sulci ventrales primitivi nennen könnte; diesen ihren Weg vollführen sie geradlinig oder leicht gewunden und ohne Kollateraläste abzugeben.

Die Aa. radicales ventrales enden in zwei Äste, einen kranialen und einen kaudalen, die mit den benachbarten Ästen anastomosieren und auf diese Weise die Tractus arteriosi primitivi bilden.

Die Tractus arter. primit. sind noch sehr unvollständig und zeigen häufig in ihrem Verlauf wirkliche Unterbrechungen; sie kommunizieren unter sich mittelst zahlreicher Rr. mediales und lassen zahlreiche Rr. laterales entstehen, die sich in den seitlichen Teilen der ventralen Fläche verteilen unter Bildung eines Netzes mit Maschen, die in transversaler Richtung verlängert sind; von diesem Netz entspringen Venen, die beträchtliche Erweiterungen zeigen und sich unterhalb der ventralen Wurzeln zu dicken Stämmen vereinigen, die einen der Ursprünge der Vv. vertebro-medullares bilden. Auf diese Weise wird in diesem Stadium die ganze ventrale Fläche der Medulla von Gefässen durchflossen; in ihrem mittleren Drittel bilden sie

ein rein arterielles Netz mit weiten und unregelmässigen Maschen, in ihren lateralen Dritteln ein Netz mit kleineren Maschen, das innen arteriell und lateral venös ist.

In diesem Stadium findet man schon im Rückenmark Gefässkapillaren, die rote Blutkörperchen enthalten.

Weiterhin bemerkt man, dass an die Stelle der soliden kurzen Divertikel des vorhergehenden Stadiums-Kapillaren getreten sind, die von der dorsalen Wand der Tractus arter. primit. abgehen, in die Innenplatte eindringen und sie in ventro-dorsaler Richtung bis in die Mitte oder das obere Drittel der Anlagen der vorderen grauen Säulen durchlaufen; jede derselben bildet einen Bogen mit nach aussen gekehrter Konkavität. Diese Kapillaren verdienen den Namen Rr. dorsales tractuum arter. primit. und entsprechen den gleichnamigen Ästen der Hühnerembryonen; sie bilden ansehnliche Gefässe des Rückenmarks. Sie enden, indem sie sich in Schleifen umbiegen, und lassen Venen entstehen, die grösseres Kaliber haben als der arterielle Ast, aus dem sie hervorgehen. Diese Venen haben entgegengesetzten Verlauf wie die obenbeschriebenen Rr. dorsales mit dem einzigen Unterschied, dass sie ein wenig lateral von diesen liegen; an die Oberfläche gelangt münden sie in die Sulci primitivi aus. Auf diese Weise bildet jeder R. dorsalis tractuum arter. primit. zusammen mit der Vene, die aus ihm hervorgeht, eine Schleife, die in einer longitudinalen Ebene liegt, sodass man in Querschnitten nur den einen oder den anderen Ast derselben sieht. Manchmal ist die Vene in ihrem Anfangsteil sehr erweitert.

Ausser den eben beschriebenen Gefässen dringen zwei andere Reihen von Blutgefässen in das Rückenmark an den Linien, welche die dorsalen $^{2}/_{3}$ von dem ventralen Drittel der lateralen Oberfläche trennen — demnach im Niveau der dorsalen Ränder der Anlagen der ventralen grauen Säulen. Diese Äste durchziehen die weisse Substanz transversal, verlaufen unmittelbar dorsal von den eben erwähnten Anlagen und enden in der Innenplatte, nachdem sie eine kurze Strecke in dieselbe eingedrungen sind,

entweder mit konischem Ende sei es durch Bildung von Schleifen, die in einer Frontalebene liegen.

Demnach enthalten die dorsalen zwei Drittel des Rückenmarks noch keine Gefässe.

Die Rr. dorsales aa. vertebro-medullarium erstrecken sich bis ventral von dem Ursprung der dorsalen Wurzeln und teilen sich dann in viele Äste, die ein ähnliches Netz bilden wie im vorigen Stadium. Dieses Netz begiebt sich auch zwischen die Ursprungsbündel der dorsalen Wurzeln und erstreckt sich daher auch in den dorsalen Teil der lateralen Oberfläche; einige Queräste verbinden das Netz der einen Seite mit dem der anderen. Die Venen, die aus den eben beschriebenen Netzen hervorgehen, verlaufen zum Teil mit dem arteriellen Netz zwischen den Ganglien und dem Rückenmark und zum Teil auf den lateralen Flächen der dorsalen Wurzeln und der Ganglien; die letzteren Venen stehen in Verbindung mit den Venen des Rückens.

Die ersteren treten zusammen zu Stämmen, die zwischen den ventralen und dorsalen Wurzeln hindurchgehend sich mit den aus dem ventralen Netz kommenden Venen vereinigen und schliesslich in die Rr. dorsales vv. segmentalium münden. Die letzteren enden, indem sie sich mit den vorhergehenden vereinigen.

Embryo von 9,5 mm Länge. — Die Aa. radicales ventrales stehen in Beziehung zu der medialen Fläche der ventralen Wurzeln. Ihr Kaliber ist ziemlich ansehnlich; der Querschnitt ist noch elliptisch, gerade als wenn er zwischen der Medulla und der Chordascheide zusammengedrückt wäre. Daraus, dass die A. radical. ventr. mehr lateral entspringt als beim Embryo von 6,6 mm Länge (da die Aa. vertebromedullares in diesem Sinne verschoben worden sind) ergiebt sich, dass sie um den entsprechenden Sulcus ventralis zu erreichen eine längere Bahn durchlaufen muss; auf dieser Bahn ist sie geradlinig oder leicht gewunden; sie giebt auf derselben keine Kollateraläste ab. Nicht alle Aa. radical. ventr. sind gleichmässig entwickelt, einige fehlen ganz.

Nachdem sie an den ventralen Sulcus derselben Seite gelangt ist, manchmal auch schon etwas vorher, giebt jede A. radicalis ventr. zwei Kollateraläste ab — einen kranialen und einen kaudalen —, die in dem eben genannten Sulcus verlaufen; dann setzt sie ihre Bahn fort, zieht über das mediane Drittel der ventralen Fläche und endet im ventralen Sulcus der anderen Seite durch Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast. Andere Male enden dagegen die Aa. radicales ventr. im ventralen Sulcus derselben Seite, in der sie sich finden; endlich kommt es vor, dass sie sich, nachdem sie zwei Kollateraläste im ventralen Sulcus derselben Seite abgegeben haben, in zwei oder drei Äste teilen, die im entgegengesetzten ventralen Sulcus durch weitere Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast enden. Diese Äste vereinigen sich und bilden die Tractus arter. primitivi, die dünn und in ihrem Verlauf unregelmässig sind wie aus der Textfigur 30 ersichtlich ist. Von ihnen entspringen Rr. mediales, dorsales und laterales.

Die Rr. mediales sind sehr zahlreich, ungefähr 20 auf 1 mm Länge; sie haben das gleiche oder auch wohl ein grösseres Kaliber, wie die Tractus arter. primitivi und zwar besonders, wenn sie die direkte Fortsetzung der Aa. radical. ventr. sind. An den Ursprüngen der letzteren zeigen die Tractus häufig medialwärts gerichtete Einbiegungen und manchmal auch Erweiterungen. Sie ziehen geradlinig oder leicht gewunden über das mittlere Drittel der ventralen Fläche und verzweigen sich meistens nicht; sie enden meist durch Einmündung in den Tractus arter. primit. der auf der anderen Seite liegt wie der, aus dem sie entstanden sind — oder aber sie dringen in das Innere der Medulla von dem ventralen Sulcus aus, in dem der letztgenannte Tractus liegt.

Die Rr. dorsales sind sehr zahlreich und haben ein geringeres Kaliber als die vorigen. Sie sind nicht paarig und symmetrisch aber sie bilden zwei parallele Reihen; viele von ihnen sind noch solid und bestehen aus länglichen Bindegewebszellen. Derartige Äste können auch von den Rr. mediales

tractuum arter. primit. herstammen. Sie dringen in den Grund der ventralen Sulci und verlaufen lateral vom Centralkanal, wie in dem vorigen Stadium; in dem Maasse wie sie dorsalwärts gelangen, biegen sie sich seitwärts; nach einem Verlauf, der im Mittel 0,06 mm beträgt, enden sie — statt in einer Schleife, wie im vorigen Stadium — durch Teilung in zwei Äste — einen kranialen und einen kaudalen —, aus denen Venen hervorgehen, die den obengenannten Rr. dorsales entgegengesetzt verlaufend an die ventrale Oberfläche zurückkehren.

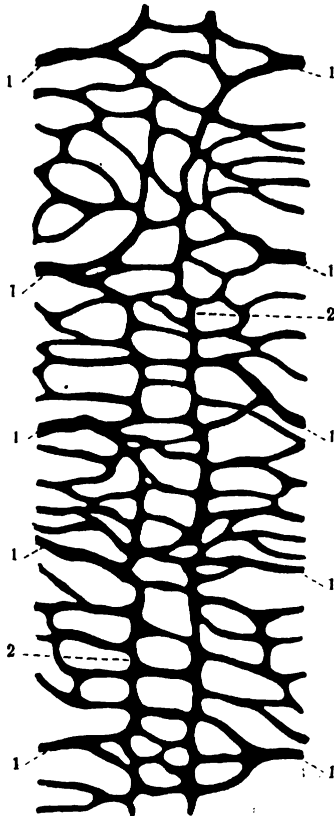


Fig. 30.

Gefässe der ventralen Fläche des Halsmarks von einem 9,5 mm langen Embryo des Rinds (Vergrösserung 55-fach). 1, 1, 1 Aa. radicales ventrales; 2, 2 Tractus arteriosi primitivi.

Die Rr. laterales (Textfig. 30) gleichen an Zahl und Kaliber den Rr. mediales; an ihren Ursprungsstellen zeigen die Tractus arter. primit. die nämlichen Eigentümlichkeiten, die in Bezug auf die eben erwähnten Äste beschrieben worden sind. Sie ziehen über das entsprechende laterale Drittel der ventralen Rückenmarksfläche, entweder ununterbrochen oder höchstens in zwei Aste geteilt, und vereinigen sich in der Nähe der Winkel, die durch das Zusammentreffen der ventralen Fläche mit den lateralen Flächen entstehen, zu sehr erweiterten Venen. Auf diese Weise bilden sie in ihrer Gesamtheit ein Netz mit transversal verlängerten Maschen, die an ihren Knotenpunkten verdickt sind. Die ventrale Fläche des Rückenmarks ist daher

in diesem Stadium ganz von Blutgefässen durchflossen und zwar zum grössten Teil von Arterien; sie bilden ein Netz, das im mittleren Drittel weiter ist als in den beiden seitlichen Dritteln.

Die Rr. dorsales aa. vertebro-medullarium sind etwas weniger dick aber regelmässiger als die Rr. ventrales; jede A. vertebro-medullaris lässt einen einzigen solchen Ast entstehen, der zwischen die Medulla und die Anlage des entsprechenden Ganglions eindringt und sich unmittelbar ventral von der Linie der Ursprünge der Nervenwurzeln in einen kranialen und einen kaudalen Ast teilt. Von ihren Endästen gehen sekundäre Verzweigungen ab, die sich als Rr. dorsales und Rr. ventrales unterscheiden lassen. Die ersteren ziehen zwischen den Ursprungsbündeln der dorsalen Wurzeln und zwischen diesen Wurzeln hindurch und verteilen sich an der oberen Fläche der Medulla unter Bildung eines sehr unregelmässigen Netzes, dessen Maschen kleiner sind als die des ventralen; die anderen bilden ebenfalls ein Netz und zwar auf den lateralen Flächen. Von diesem letzteren gehen Äste aus, die in das Innere der Medulla eindringen; der grösste Teil derselben entspringt unmittelbar dorsal von den Anlagen der ventralen grauen Säulen; sie dringen in diese Anlagen und erstrecken sich manchmal bis in die Innenplatte; einige sind hohl und enden nach kurzem Verlauf blindsackförmig, andere sind solid und enden mit einem abgerundeten Ende oder biegen sich auch schlingenförmig um. Andere ähnliche Äste findet man unmittelbar ventral von den Ursprüngen der dorsalen Wurzeln; sie sind kürzer als die vorigen und enden in der Innenplatte.

Wie in dem vorigen Stadium entspringen aus dem Netz der dorsalen Fläche der Medulla Venen, die sich verschieden verhalten. Einige nämlich verlaufen dorsal von den dorsalen Wurzeln und dann von dem entsprechenden Ganglion, indem sie sich zu immer ansehnlicheren Stämmen vereinigen, die mit den aus dem Rückenmark kommenden Venen an der Stelle der Vereinigung der dorsalen Wurzeln mit den ventralen Wurzeln zusammenfliessen. Andere verlaufen zwischen den dorsalen Wurzeln den

lateralen Flächen des Rückenmarkes aufgelagert, indem sie sich mit den Venen vereinigen, die aus dem oben beschriebenen Netz dieser Flächen kommen, und gruppieren sich zu Stämmen, die sich zwischen den dorsalen und den ventralen Wurzeln einlagern. Diese Venen vereinigen sich mit den Venen, die von der ventralen Fläche und von jenen herstammen, die nach aussen von den Ganglien verlaufen, und bilden die Vv. vertebro-medullares.

Embryo von 11,5 mm Länge. — Die Aa. radicales ventrales und ihre Äste verhalten sich in gleicher Weise wie im vorigen Stadium; die Tractus arter. primit. sind sehr unvollständig und bilden nicht zwei von der übrigen ventralen Fläche gut abgesonderten Anastomosenketten, sondern es scheint vielmehr, als ob das ventrale Netz in seinem mittleren Teil von viereckigen, zwischen den beiden ventralen Sulci gelegenen Maschen gebildet sei. Das Kaliber dieser Tractus ist gerade wie das der Äste, die sie miteinander kommunizieren lassen, im lumbo-sakralen Abschnitt grösser als in der übrigen Medulla.

Das Netz der ventralen Fläche liegt nicht in einer einzigen Ebene, wie dies im vorigen Stadium der Fall war; vielmehr verlaufen, da die Bindegewebsschicht, welche die Medulla von der Chordascheide trennt, dicker aber weniger kompakt geworden ist, einige Äste des Netzes — wahrscheinlich arterieller Natur — auf der Medulla, andere dagegen liegen der Chordascheide nahe. Die Aa. radical. ventr. und die Tractus arter. primitivi sind stets der Medulla angelagert.

Die Rr. dorsales tractus arter. primitiv. oder Aa. centrales sind vermehrt und bilden manchmal, statt einer einzigen Reihe für jeden Sulcus, zwei benachbarte Reihen.

Die Aa. radicales dorsales verteilen sich an den lateralen Flächen; spärliche Äste gelangen an die dorsale und bilden dort ein Netz das in Bezug auf die Orientierung der Maschen dem ventralen gleicht.

In diesem Stadium sind die Gefässe der Nervensubstanz zahlreicher geworden. Ausser den von den Tractus arter. primit. kommenden, trifft man viele andere, die von den Seiten-

flächen stammen; viele derselben sind hohl und enthalten rote Blutkörperchen, andere sind noch solid. Die ersteren teilen sich, in die graue Substanz gelangt, in kleinere meist longitudinal gerichtete Äste, und diese anastomosieren unter einander, wobei sie ein Netz mit sehr regelmässigen aber in verschiedenen Ebenen gelegenen Maschen bilden; dies Netz erstreckt sich über die Innenplatte, die Mantelschicht und die Anlage der Hörner; es erreicht niemals den Zentralkanal, sondern erstreckt sich nur bis unter das Ependym. Wenn die Rr. dorsales tractuum arter. primit. doppelt sind, begeben sich die medialen zwischen die Innenplatte und die Mantelschicht und nehmen teil an der Bildung des Netzes, während die lateralen sich in den Anlagen der grauen Vorderhörner verteilen. Von den Gefässen der Nervensubstanz entspringen Venen, die in das Venennetz münden, das an der ventralen Fläche und an den lateralen Flächen der Medulla liegt.

Das Blut, das innerhalb der Medulla und um sie herum zirkuliert hat, wird von Stämmen aufgenommen, die sich im wesentlichen gerade so verhalten wie im vorigen Stadium.

Embryo von 12,50 mm Länge. — Die Aa radicales ventrales sind ungleichmässig entwickelt; wie aus der folgenden Figur 31 hervorgeht, sind einige dick, andere dünn.

Die Tractus arter. primit. sind noch längs des ganzen Rückenmarks zu erkennen. Im Halsteil erstrecken sich die im Kaliber der Aa. radic. ventrales aufgetretenen Veränderungen auch auf sie; im allgemeinen findet man, dass die Abschnitte des Tractus arter. primit., die den Endigungen der dickeren Aa. radical. entsprechen, dicker sind; manchmal kommt es jedoch auch vor, dass eine wohl entwickelte A. radical. statt im Tractus der gleichen Seite zu enden, in den der anderen Seite geht. Im Lendenteil sind sie weniger regelmässig (vergl. Fig. 31) und dicker; die Rr. mediales, die sie untereinander verbinden, sind zahlreicher.

Die Aa. radicales dorsales enden wie im vorigen Stadium; wie im vorigen Stadium kann man an ihnen eine Teilung in einen R. cranialis und einen R. caudalis erkennen.

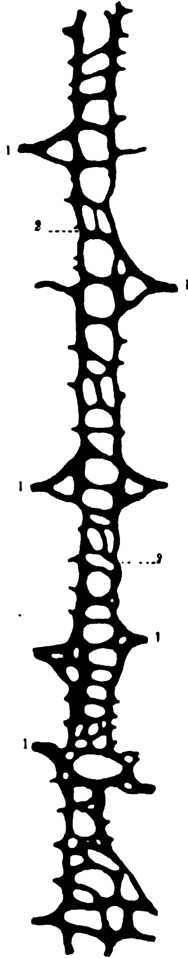


Fig. 31.

Tractus arteriosi primitivi des dorso-lumbalen Abschnitts des Rückenmarks von einem 12,5 mm langen Embryo des Rinds (der lumbale Abschnitt ist unten). (Vergrösserung 44-fach.) 1, 1, 1 Aa. radicales ventrales; 2, 2 Tractus arteriosi primitivi durch ihre Rr. mediales untereinander verbunden.

Die Gefässe der Nervensubstanz sind zahlreicher geworden.

In diesem Stadium sind die Verhältnisse der Venen von grossem Interesse, die in 4 Systeme eingeteilt werden können d. h. ein ventrales System, zwei laterale Systeme und ein dorsales System.

Das System der ventralen Venen stammt von den Rr. laterales tractuum arter. primit. und auch von einigen Vv. periphericae ventrales; sie verlaufen der ventralen Rückenmarksfläche dicht angelagert und bilden ein sehr dichtes Netz mit rundlichen Maschen ähnlich dem des Hühnchens von 10 Tagen. Die Aa. radicales ventrales liegen ventral von diesem Netz. Eine zweite Reihe von Venen geht auf die Chordascheide; es zeigt sich, dass sie aus Gefässen besteht, die ampulläre Erweiterungen in ihrem Verlauf haben. Die ersteren kommunizieren mit den letzteren Venen mittels zahlreicher Äste; übrigens enden sie, nachdem sie sich in dicken

Stämmen gesammelt haben, lateral durch Vereinigung mit Ästen, die aus dem oben erwähnten Netz der Chordascheide stammen.

Die Systeme der lateralen Venen sammeln das Blut aus den Rr. ventrales der Aa. radicales dorsales und aus vielen Vv. periphericae laterales. Sie stehen nach aussen in Berührung mit den Ganglien und den dorsalen Wurzeln und nach innen mit den lateralen Flächen des Rückenmarks. Als Ganzes bilden sie ein Netz ähnlich wie das der ventralen Fläche; von diesem Netz gehen dicke Äste aus, die sich zwischen die Bündel der dorsalen Wurzeln begeben und es mit dem System der dorsalen Venen kommunizieren lassen.

Diese letzteren bilden ein dichtes Netz, das die dorsale Fläche der Medulla überzieht. Es wird hauptsächlich von spärlichen Ästen der Aa. radical. dorsal. gespeist, die zwischen den Ursprüngen der gleichnamigen Wurzeln verlaufen. Es zeigt unregelmässig gestaltete aber sehr kleine Maschen mit abgerundeten Winkeln; die Gefässe, aus denen es besteht, sind an den Knotenpunkten erweitert. Es ist nicht gleichmässig dicht in allen seinen Teilen, da im mittleren Drittel der dorsalen Fläche, die der Deckplatte entspricht, die Maschen weiter sind als in den übrigen Teilen; auf diese Weise scheint es aus zwei dichten seitlichen Teilen zu bestehen, die durch transversale Äste miteinander verbunden sind. Von den dorsalen Flächen der Medulla setzt es sich lateralwärts fort auf die dorsalen Wurzeln und die entsprechenden Ganglien; in diesem Teil haben die Venen, aus denen es besteht, dorso-ventrale Anordnung und zeigen zahlreiche und starke ampulläre Erweiterungen. In der Nähe des ventralen Randes der Ganglien vereinigen sich diese Venen zu starken Stämmen, die zugleich mit Wurzeln durch die Intervertebrallöchern treten und sich mit den von den ventralen Venen kommenden Stämmen vereinigen; auf diese Weise sind die Wurzeln in den Intervertebrallöchern geradezu von einem Venenring umgeben.

Embryo von 15 mm Länge. — Die Aa. radicales

ventr. stehen nicht in unmittelbarer Berührung mit der ventralen Fläche der Medulla, sondern sind von derselben durch eine dünne Bindegewebsschicht getrennt, in der ein Kapillarnetz verläuft; die Aa. radic. dorsales sind in der ventralen Hälfte ihres Verlaufes der entsprechenden dorsalen Wurzel angelagert; in der anderen Hälfte, d. h. an den Ganglien, stehen sie, da die zwischen der Medulla und den Ganglien liegende Bindegewebsschicht sehr dünn geworden ist, auf der einen Seite in Berührung mit der Medulla und auf der anderen Seite mit dem entsprechenden Ganglion. Von der Aa. radical. ventr. sind einige so dünn, dass sie sich in dem ventralen Netz verlieren ohne auch nur den betreffenden Tractus arter. primit. zu erreichen, während andere dick sind, und in etwas gebogenen Verlauf die ventrale Fläche durchziehen.

Die Tractus arter. primit. sind nicht in der ganzen Länge des Rückenmarks zu erkennen, sondern verlieren sich in vielen Abschnitten — da sie das nämliche Kaliber, wie die anderen Zweige der ventralen Fläche und keinen regelmässigen Verlauf haben — in dem ventralen Netz der Medulla. Die in dem Halsteil des 12,50 mm langen Embryos gefundenen Beziehungen zwischen dem Kaliber der Aa. radic. ventr. und dem der Tractus arter. primit. machen sich auch in dem dorsalen Abschnitt geltend. Die eben erwähnten Tractus liegen an der Basis der Anlage des Septum medullare, jedoch immer an der den ventralen Sulci entsprechenden Stelle.

In dem Abschnitt des Rückenmarks, das von den Anlagen der letzten zwei oder drei Lendenwirbel bis zu den ersten drei oder vier Steisswirbeln geht, findet man statt der beiden Tractus arter. primit. einen dicken unpaaren und medianen Stamm, der den Namen A. ventralis (vergl. Fig. 33 von einem 20,5 mm langen Embryo des Rinds) verdient. Er hat rundlichen, von vorn nach hinten leicht zusammengedrückten Querschnitt; sein Kaliber ist geradezu enorm, da der Querdurchmesser nur wenig geringer ist als der der Anlage des ventralen Septums. Er beginnt kranial, wie man ebenfalls in der Figur sieht, mittelst einer A. radicalis ventralis, die

meist dem vorletzten lumbalen Intervertebralloch der rechten Seite entspricht. Diese Arterie biegt sich, sobald sie die ventrale Medianlinie erreicht hat, kaudalwärts und lässt auf diese Weise die A. ventralis entstehen. Im Niveau der ersten Steisswirbel oder der letzten Sakralwirbel fängt sie an, sich zu

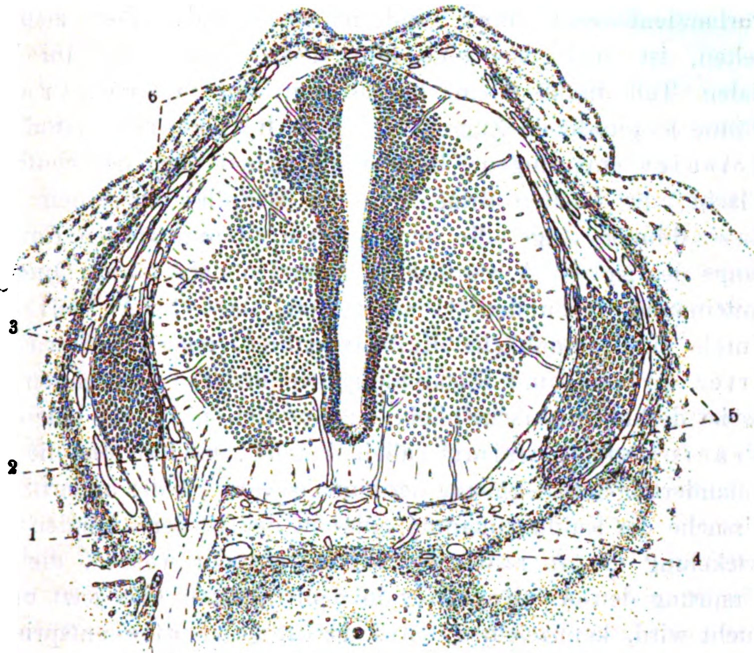


Fig. 32.

Querschnitt durch das Rückenmark an einer den Anlagen der proximalen Gliedmassen entsprechenden Stelle von einem 15 mm langen Embryo des Rinds (Vergrösserung 60fach). 1 Tractus arteriosus primitivus; 2 sein R. dorsalis; 3 periphere Gefässe; 4 ventrales Venennetz in zwei Schichten geteilt; 5 Blutgefässnetz der lateralen Flächen; Blutgefässnetz der dorsalen Fläche.

verdünnen; sie wird im übrigen Teil des Schwanzes, in welchem die beiden Tractus arter. primit. wieder erscheinen, immer dünner; die so zurückgegangene A. ventralis setzt sich in einen dieser Tractus fort. Diese Arterie steht auch kranial (vergl. Fig. 33) mit den Tractus arter. primit. des Lendenteils, die wie im übrigen Rückenmark angeordnet sind, in Verbindung. Längs ihres Verlaufes nimmt die A. ventralis andere Aa.

radic. ventr. in wechselnder Zahl auf, deren Kaliber demjenigen gleich ist, das man im übrigen Rückenmark beobachtet.

Auf der Seite gegenüber von einer A. radicalis ventr., die den Ursprung der A. ventralis bildet, sieht man manchmal keine A. radicalis, ein anderes Mal ist die vorhandene sehr dünn und manches Mal, aber ziemlich selten, ist auch dort eine sehr dicke vorhanden. Im kaudalen Teil findet man lateral von der A. ventralis dünne longitudinale Züge, von denen Rr. laterales und Rr. dorsales entspringen; die ersteren gehen nach der ventralen Fläche, die zweiten dringen in die Medulla; ausserdem sind diese dünnen Züge, die ich bei dem 14 mm langen Embryo längs der ganzen A. ventralis gefunden habe, durch Queräste miteinander verbunden. Diese zeigen, dass die A. ventralis durch eine allmähliche Kaliberzunahme eines der Tractus arter. primit. und Rückbildung des anderen entstanden ist; es ist deshalb wahrscheinlich, dass es sich nicht um einen der Tractus arter. primit. allein handelt, sondern um die aufeinanderfolgende Segmente des einen sowohl wie des andern. Die Ursache der Kaliberzunahme muss in der vorherrschenden Entwickelung der A. radical. ventr. gesucht werden, die den Ursprung den A. ventralis in dem Stadium, das jetzt untersucht wird, kennzeichnet. Aus der A. ventralis entspringen zahlreiche Rr. laterales und dorsales; diese letzteren, die Aa. centrales genannt werden können, bilden zwei Parallelreihen, von denen jede vom Grunde des entsprechenden ventralen Sulcus aus in das Rückenmark eindringt. In Bezug auf die letzteren muss ferner hervorgehoben werden, dass sie nur zum Teil den Rr. dorsales tractuum arter. primit. des 12,50 mm langen Embryos entsprechen, da ihre Rr. dorsales, sobald einer der beiden Tractus sich zurückbildet und verschwindet, Blut aus dem zur A. ventralis gewordenen Tractus empfängt, da ja die Anastomosen, welche die beiden Tractus des vorigen Stadiums miteinander kommunizieren liessen, bestehen bleiben.

Die Rr. laterales der Tractus arter. primit., resp.

der A. ventralis sind sehr zahlreich und verteilen sich an der ventralen Fläche der Medulla; die Rr. dorsales s. Aa. centrales müssen, bevor sie das Rückenmark erreichen, das ganze Septum durchziehen und sind während dieses Verlaufes häufig durch Anastomosen mit den benachbarten Ästen sowohl derselben Seite wie der anderen Seite verbunden.

Die Aa. radicales dorsales verhalten sich wie im vorigen Stadium.

Die Gefässe der Nervensubstanz sind zahlreicher als beim Embryo von 12,50 mm und bilden in der grauen Substanz wahre Netze. Die Kapillaren, aus denen diese bestehen, haben geraden Verlauf und sind an den Knotenpunkten der Maschen erweitert. Die Teilung der Arterien, die von der Peripherie her in die Medulla eindringen (Aa. periphericae), vollzieht sich oft an der Grenze zwischen weisser und grauer Substanz; die erstere wird von den Gefässen nur durchzogen.

Der grösste Teil der Äste der Tractus arter. primit. und der Aa. radicales dorsales endet an der Peripherie des Markes; deshalb sind an derselben Venen reichlich vorhanden, die vier Systeme bilden, ganz ähnlich denen des vorigen Stadiums (vergl. Fig. 32).

Die beiden Teile des ventralen Systems sind in schärferer Weise voneinander getrennt als im vorigen Stadium; die, welche der Chordascheide anliegen, werden von dicken lateralen Stämmen aufgenommen, die sich unmittelbar unterhalb der Intervertebrallöcher finden. Im Halsteil sind diese Stämme sehr stark und regelmässig.

Das dorsale Netz ist durch Vermehrung der Äste, aus denen es besteht, auch in seinem mittleren Drittel viel dichter geworden.

Embryo von 20,50 mm Länge. — Die beiden Tractus arter. primit. sind auf einigen kurzen Strecken noch wohl erhalten; im grössten Teil der Medulla findet sich nur noch einer, dessen Kaliber zugenommen hat und dem man den Namen Tractus arteriosus ventralis geben kann (Textfig. 33). Im ganzen hat dieser eine sehr unregelmässige Gestalt und wird von verschiedenen Abschnitten mit verschiedenem Kaliber gebildet,

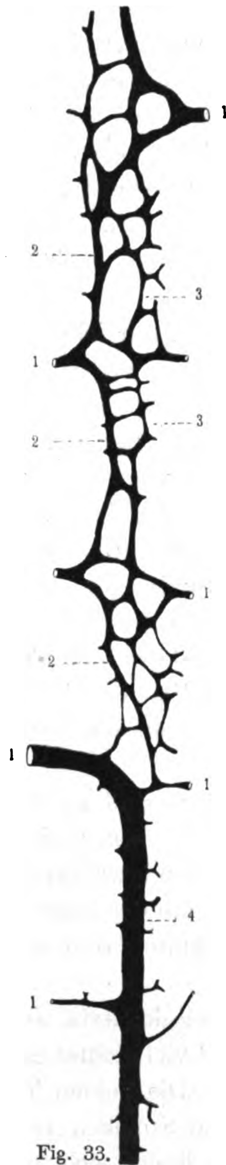


Fig. 33.

Tractus arteriosus ventralis des dorsalen Teils und **Arteria ventralis** von einem 20,5 mm langen Embryo des Rinds (Vergrösserung 115-fach). 1, 1, 1 **Aa. radicales ventrales**; 2, 2, 2 **Tractus arteriosus ventralis**; 3, 3 Abschnitte des **Tractus arteriosus primitivus**, die in Rückbildung begriffen sind; 4 **A. ventralis**.

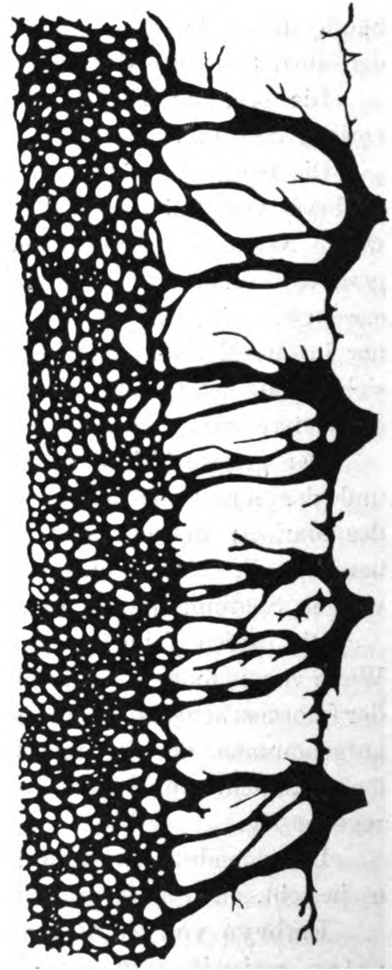


Fig. 34.

Venennetz der linken Hälfte des Halsmarks von einem 20,5 mm langen Embryo des Rinds mit Ästen, welche von demselben ausgehen und lateralwärts zu den Spinalganglien gelangen (Vergrösserung 38 fach).

die bald rechts bald links von der Medianlinie liegen; an den Aa. radic. ventr. ist, solange dieselben rechts ebenso dick sind wie links, der Tractus ausgesprochen doppelt und so bilden sich in seinem Verlaufe noch sehr unvollständige Circuli. Im lumbodorsalen Abschnitt findet man die bereits im vorigen Stadium erwähnte A. ventralis mit regelmässigem und sehr ansehnlichem Kaliber.

Die Aa. centrales gehen direkt vom Tractus arter. ventr. ab, wenn dieser auf derselben Seite liegt, auf der sie sich befinden; im anderen Falle entspringen sie entweder von Überresten des Tractus primit., der sich zurückgebildet hat, oder von Ästen mit unregelmässigem Verlauf, die im Innern des Septum ventrale eingeschlossen sind oder direkt von dem Tractus arter. ventr. stammen; diese Äste repräsentieren die Anastomosen, welche die beiden Tractus des vorigen Stadiums mit einander anastomosieren liessen.

Die Aa. radicales dorsales, von denen nur eine auf jede A. vertebro-medullaris vorhanden ist, verlaufen — dem Rückenmark angelagert — in ventro-dorsaler Richtung, wobei sie in der Mitte der Ganglien liegen, und enden durch direkte Teilung in einen kranialen und einen kaudalen Ast.

Die Gefässe der Nervensubstanz sind beträchtlich vermehrt und werden seitwärts von dem Centralkanal von einem sagittal gerichteten Netz begrenzt. Die Arterien sind nicht nur Aa. centrales sondern in grosser Zahl auch Aa. periphericae; diese stammen besonders von den lateralen Flächen und der Gegend der unteren Enden der ventralen grauen Säulen. Die Venen münden fast ausschliesslich an der Peripherie des Rückenmarks aus und fahren fort vier Systeme zu bilden. Geringer geworden sind die Anastomosen zwischen dem vertebralen und dem medullaren Teil des ventralen Venensystem; der erstere Teil wird noch gebildet von einem Netz mit rundlichen Maschen, während der zweite seine endgültige Gestalt angenommen hat. Es besteht nämlich in dem Halsteil und im höheren Abschnitt des dorsalen Teils aus zwei dicken Kanälen, die seitlich von dem Boden des Wirbelkanals liegen und welligen Verlauf haben; in der Mitte der Wirbel-

körper sind die Biegungen medialwärts, an den Intervertebrallöchern sind sie lateralwärts gekehrt. Von diesen Kanälen gehen dicke Äste aus, die durch die eben erwähnten Öffnungen austreten, wobei sie medial von den ventralen Wurzeln liegen. In die genannten Kanäle münden laterale Äste des ventralen meningealen Netzes. In der kaudalen Hälfte des dorsalen Abschnitts und im lumbalen und sakralen Abschnitt beobachtet man keine so vollständigen Kanäle, sondern soviel venöse Arkaden mit medialer Konvexität als Wirbel vorhanden sind; jede Arkade wird von einem lakunären und sehr dichten Venennetz gebildet, das in der Mitte der Wirbelkörper mit dem der anderen Seite kommuniziert. Diese Venen, die an den Wirbelkörpern in die Höhe steigen, entsprechen den Sinus ventrales endorhachidis des ausgewachsenen Tieres, die in einem weiter vorgeschrittenen Entwickelungsstadium im Halse und in einem weniger vorgeschrittenen in dem lumbo-dorsalen Abschnitt beobachtet werden. Die Entwickelung dieser Sinus ist demnach eine ähnliche wie bei den gleichen Gefässen von Gallus; weil sie von diesem Augenblick an ein von den übrigen Rückenmarkgefässen völlig getrenntes System bilden, das zur Endorhachis gehört, ist es hier nicht am Platze uns weiter mit ihnen zu beschäftigen.

Das System der lateralen Venen ist ähnlich dem des vorigen Stadiums, ebenso auch das der dorsalen Venen, das aus einem dichten Netz besteht, aus dessen Seiten tranversale Äste entspringen, die mittelst Anastomosen mit einander verbunden sind und sich nach aussen von den Ganglien verlaufend in dicken Stämmen sammeln — wie im vorigen Stadium. Diese Venen sind mit den Venennetzen der lateralen Flächen des Markes verbunden mittelst Anastomosen, die durch die Ganglien ziehen oder zwischen den Faserbündeln der dorsalen Wurzeln verlaufen.

Embryo von 26 mm Länge. — Der Tractus arter. ventr. ist dicker und deutlicher geworden als im vorigen Stadium (Textfig. 35). Im Hals sind an ihm verschiedene Abschnitte nicht mehr bestimmt wahrzunehmen, da er in der ventralen Medianlinie oder nahe derselben liegt; in der übrigen Wirbelsäule

ist das Septum medullare nicht dünn wie im Hals, aber der Tractus findet sich immer an der Basis dieses Septums.

Die Aa. centrales gehen von dem eben erwähnten Tractus ab; ziemlich häufig aber nicht konstant an den Maschen, die an den Endigungen der Aa. radicales ventr. liegen, entspringen die Aa. centrales, die auf die rechte Hälfte der Medulla gehen, auf der gleichnamigen Seite der Maschen und in entsprechender Weise verhalten sich die der linken Seite.

Die Rr. laterales tract. arter. ventr. teilen sich nach kurzem Verlauf auf der ventralen Fläche in sekundäre Äste, von denen einige in die Nervensubstanz dringen und andere sich auf der Meninx verteilen unter Bildung eines Netzes mit sehr verschieden gestalteten Maschen, die jedoch meist in der Richtung der Querachse des Markes verlängert sind. Dieses Netz setzt sich meist auch zwischen die Aa. radic. ventr. und das Rückenmark (Textfig. 35) fort.

Die A. ventralis des lumbosakralen Abschnitts ist immer wohl entwickelt.

Die Aa. radic. dors. gehen in zwei wirkliche und eigentliche

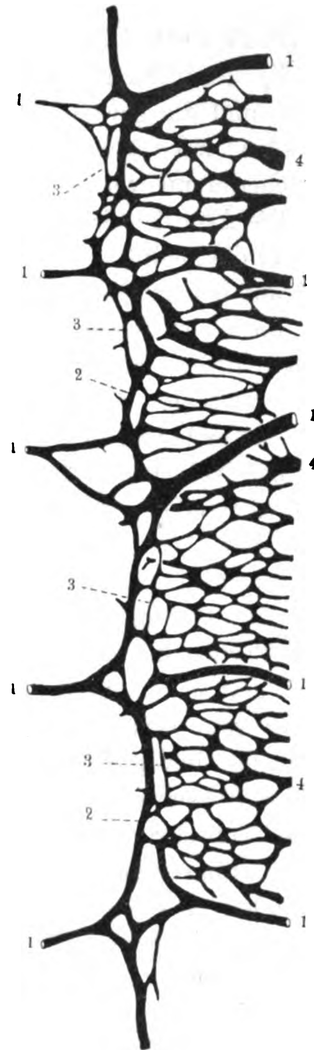


Fig. 35.

Gefässe der rechten Hälfte der ventralen Fläche des Halsmarks von einem 26 mm langen Embryo des Rinds (Vergrösserung 45 fach). 1, 1, 1 Aa. radicales ventrales; 2, 2, 2 Tractus arteriosus ventralis; 3, 3, 3 in Rückbildung begriffene Abschnitte des Tractus arter. primit.; 4, 4, 4 Gefässnetz der ventralen Fläche und Venen, die von ihm ausgehen.

Tractus arteriosi laterales über, die noch sehr unvollständig sind, unmittelbar ventral von den dorsalen Wurzeln liegen und die gewöhnliche charakteristische Gestalt von soviel Arkaden mit dorsaler Konvexität haben, als interradikale Zwischenräume vorhanden sind.

Die Äste der drei eben beschriebenen Tractus dringen zum Teil in die Medulla, zum Teil bilden sie auf der ventralen Fläche und auf den lateralen Flächen Netze; von diesen gehen Venen aus, die meist aussen von der Arterie verlaufen. Die ventralen Venen in den lateralen Dritteln der ventralen Fläche werden dick und zeigen viele ampulläre Erweiterungen in ihrem Verlauf; sie enden in den Sinus endorhachidis.

Die Nervensubstanz ist in diesem Stadium stark vaskularisiert. Ausser den Aa. centrales beobachtet man viele Aa. periphericae, besonders zahlreich und regelmässig an den Enden der ventralen und lateralen grauen Säulen. Beträchtlich an Zahl und vor allem an Kaliber sind auch diejenigen, die von den dorsalen Partien der lateralen Flächen eindringen und zu den dorsalen grauen Säulen gehen. Die Aa. centrales dringen nicht immer vom Grunde der Fissura medullaris her ein, sondern thun dies, bevor sie dieser erreicht haben. Die Kapillaren der grauen Substanz sind dünner als im vorigen Stadium. Die weisse Substanz wird von den Aa. periphericae nur durchzogen; einige teilen sich in Form eines Y, aber die daraus entstehenden Äste endigen in der grauen Substanz. Zusammen mit durchgängigen und injizierbaren Arterien findet man in der Nervensubstanz zahlreiche in Bildung begriffene Gefässe, die von den ersteren abgehen; derartige Gefässe finden sich auch in der weissen Substanz und kommen von den meningealen Arterien.

Zahlreich sind auch die Venen, die im Innern der Medulla entstehen; reichlich sind auch Vv. periphericae vorhanden und zwar auf der ganzen Peripherie; andere, weniger zahlreiche als die vorigen, nehmen den umgekehrten Weg wie die Aa. centrales und verdienen deshalb den Namen Vv. centrales; sie enden in den Venen der ventralen Fläche.

Auf der dorsalen Fläche findet man auch ein sehr dichtes Venennetz, ähnlich dem des vorigen Stadiums, aber mit verhältnismässig grösseren Maschen; das Blut, das hier zirkuliert, wird ihnen zugeführt von Ästen der Tractus arter. laterales, welche zwischen den Ursprungsbündeln der dorsalen Wurzeln hindurchlaufen. Von diesem Netz gehen noch transversale Äste ab, die auf der äusseren Fläche der Ganglien verlaufen und sich in gleicher Weise verhalten, wie es beim Embryo von 20 mm Länge beschrieben worden ist.

Embryo von 38 mm Länge. — Der Tractus arter. ventr. und die Tractus arter. laterales sind längs der ganzen Medulla ansehnlich und regelmässig geworden; die Zahl der Äste, die von ihnen abgehen und sich auf den Meningen verteilen, ist nicht vermehrt, doch ist ihr Kaliber grösser geworden. Diese Äste endigen wie im vorigen Stadium mit dem Unterschied, dass die Zahl derjenigen, die sich in das Innere der Medulla hinein biegen und Aa. periphericae werden, zugenommen hat. Spärliche Äste der Tractus arter. lateral. erstrecken sich auch auf die dorsale Fläche.

Wenig ist dem hinzuzufügen, was bei dem 26 mm langen Embryo in Bezug auf die Gefässe der Nervensubstanz gesagt worden ist; sie sind nur zahlreicher geworden und bilden ein dichteres Netz. Sowohl die Aa. periphericae, wie die Aa. centrales enden noch ausschliesslich in der grauen Substanz.

Was die Venen betrifft, so beobachtet man vor allem eine beträchtliche Zunahme der Vv. centrales. Im Halsteil unterscheidet man im Venennetz der ventralen Fläche einige Äste grösseren Kalibers, die longitudinal neben den Tractus arter. ventr. liegen; sie geben an den ventralen Wurzeln manchmal transversal gerichtete Stämme ab, die auf der ventralen Fläche dieser Wurzeln verlaufen und in den Intervertebrallöchern durch Vereinigung mit den Emissaria sinuum endorhachidis enden. Die oben erwähnten longitudinalen Venen sind die erste Andeutung der Vv. medianae ventrales des ausgewachsenen Tieres und die transversalen die der Vv. radicales ventrales.

Auf den anderen Flächen der Medulla lassen sich auch jetzt noch ähnliche Netze beobachten, wie im vorigen Stadium.

Embryo von 50 mm Länge. — Die Aa. radic. ventrales und dorsales haben oft gleiches Kaliber und nicht selten übertrifft sogar das Kaliber der dorsalen das der ventralen. Deshalb sind die Tractus arter. later. sehr ansehnlich und das Kaliber eines derselben ist auf vielen Strecken dem des Tractus arter. ventr. gleich; in den beiden Tractus arter. later. ist daher immer eine grössere Blutmenge enthalten als in dem ventralen. Spuren ursprünglicher Verdoppelung des Tractus arter. ventr. sind noch häufig vorhanden.

Die Rr. laterales tractus arter. ventr. enden zum Teil an der ventralen Fläche unter Bildung eines nach aussen von dem Venennetz gelegenen Netzes; die stärkeren rücken bis zu den Linien, welche die Ursprünge der ventralen Wurzeln untereinander verbinden, und teilen sich dort in zwei Äste — einen kranialen und einem kaudalen —, die manchmal mit benachbarten Ästen oder mit solchen Ästen anastomosieren, die von den Aa. radic. ventr. stammen, wodurch sie zwei Tractus arter. ventro-laterales, die noch sehr unvollkommen sind, bilden. Sowohl die kranialen und kaudalen Äste, wie die eben erwähnten Tractus, geben ihrerseits mediale und laterale Äste ab; die ersteren verteilen sich an der ventralen Fläche, die anderen an den lateralen Flächen und anastomosieren häufig mit den Rr. ventrales tractuum arter. later., indem sie innerhalb der Ligamenta denticulata verlaufen.

Interessant ist der Verlauf der Rr. dorsales tractuum arter. lateral. Sie sind zahlreich; die feinsten verteilen sich an den lateralen Flächen und zwischen den Ursprüngen der dorsalen Wurzeln; die anderen verlaufen zwischen diesen Wurzeln und ihren Ursprungsbündeln und erreichen die dorsale Fläche, wo sie der Medulla anliegend nach aussen von dem dichten Venennetz verlaufen, das man, wie im vorigen Stadium, auf dieser Fläche beobachtet. Einige derartige Äste enden in den lateralen Teilen der dorsalen Fläche, andere dagegen erreichen deren Medianlinie und überschreiten sie sogar

manchmal, sodass sie in der anderen Hälfte der dorsalen Fläche enden. Sie enden durch Teilung in Ästchen, die in das darunterliegende Venennetz münden. In diesem Stadium ist das Spatium perimeningeum dorsal noch nicht gut entwickelt und die Meninx primitiva ist mittelst einer dünnen Schicht perimeningealen Gewebes mit der Endorhachis verbunden; sowohl die Rr. dorsales tractuum arter. lateral. wie das oben erwähnte Venennetz liegen in der Meninx.

Einige der Aa. periphericae beginnen Äste an die weisse Substanz abzugeben, die direkt in die gleichnamigen Venen übergehen; sie sind jedoch noch sehr selten.

Die Vv. medianae ventrales erscheinen auch auf dem dorsalen Teil der Medulla; in den Maschen des mittleren Abschnittes des ventralen Netzes, das von den Vv. centrales gebildet wird, sobald sie aus der Fissura medullaris austreten, beobachtet man nämlich sehr dicke und variköse Stämme, die longitudinal neben dem Tractus arter. ventr. liegen. Die Vv. radicales ventr. haben die nämlichen Charaktere wie im vorigen Stadium.

Auf der ganzen Peripherie der Medulla liegen die dickeren Venen in der Regel nach aussen von den kleineren.

Embryo von 60 mm Länge. — Die wichtigste Thatsache in diesem Stadium ist die sehr scharfe Trennung, die sich zwischen Meninx und Endorhachis auch dorsal vollzieht durch das Eindringen des perimeningealen Raumes in diesen Abschnitt des Rückenmarks; das Venennetz und die Rr. dorsales tractuum arter. later. bleiben in der Meninx.

Embryo von 80 mm Länge. — Die Meninx primitiva hat sich geteilt in die Anlagen der Dura mater und der Meninx secundaria; die Blutgefässe bleiben in der letzteren.

Die Arterien bilden Tractus, die im wesentlichen denen des ausgewachsenen Zustandes gleich sind; von ihnen entspringen Äste, die ein weitmaschiges Netz bilden, von dem die Aa. periphericae abgehen, die sich in das Innere des Markes hineinbegeben. An der ventralen Fläche findet man keinen Übergang zwischen Arterien und Venen.

Die Kapillaren fangen an auch in der weissen Substanz Netze zu bilden; hie und da beobachtet man einige Vorkapillaren.

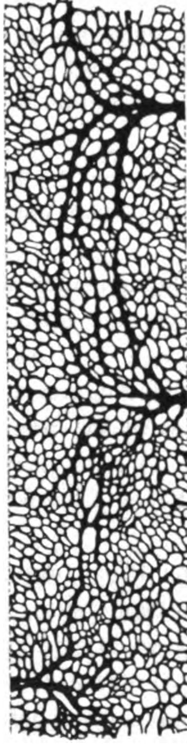


Fig. 36.

Gefässnetz der Dorsalfläche des Brustteils des Rückenmarkes von einem 80 mm langen Embryo des Rinds, in welchem die Vv. dorsales in Bildung begriffen sind (Vergrösserung 26 fach).

Die Vv. medianae ventrales und die Vv. radical. ventr. sind gut entwickelt; Längsstämme (Vv. laterales) beginnen auch auf den lateralen Flächen zu erscheinen.

Von grossem Interesse sind die Eigentümlichkeiten, die das Venennetz der dorsalen Fläche (vergl. Fig. 36) zeigt. Während sie sich in den vorigen Stadien gleichmässig über diese ganze Fläche ausbreiteten, haben die Gefässe, die es bilden, beim 80 mm langen Embryo im allgemeinen ein kleineres Kaliber als das im vorigen Stadium beobachtete; nur in der dorsalen Medianlinie oder zu beiden Seiten derselben bilden sich durch Vergrösserung von Kapillaren, die in einer Reihe hintereinander liegen, ein oder zwei longitudinale Stämme, welche die erste Andeutung der Vv. medianae dorsales des ausgewachsenen Tieres darstellen; von ihnen gehen bald rechts, bald links starke Seitenäste ab, die durch denselben Entwickelungsvorgang entstehen, den dorsalen Wurzeln aussen angelagert verlaufen und den Namen Vv. radicales dorsales verdienen. In dem lumbo-dorsalen Abschnitte sind die Vv. medianae dorsales konstant paarig und einander benachbart. In diese Venen münden zahlreiche Vv. periphericae, die in dem Neuroglia-

septum verlaufen, welches die dorsalen Stränge trennt, oder diese Stränge durchziehen; sie entspringen in den dorsalen grauen Säulen und in der dorsalen Zone der centralen grauen Substanz.

Embryo von 100 mm Länge. — In diesem Stadium zeigen die Gefässe der Medulla bereits deutlich die Charaktere, die sie beim ausgewachsenen Tiere besitzen; die Vv. medianae dorsales und die Vv. radicales dorsales, deren Kaliber im vorigen Stadium vermindert war, sind nunmehr beinahe ganz verschwunden.

Der Kürze wegen beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass sich bei Embryonen von Bos taurus, Sus scropha domest., Lepus cuniculus, Cavia Cobaya, Canis familiaris und Homo sapiens Verhältnisse finden, die den bei der Entwickelung von Ovis aries beschriebenen entsprechen.

Schlussfolgerungen.

Wie ich seiner Zeit hervorgehoben habe, gestattet es die vergleichende Anatomie, die Säugetiere in Bezug auf ihre Rückenmarkgefässe in zwei Gruppen einzuteilen, von denen die eine gebildet wird von den Perissodactylen, den Artiodactylen, Rodentien, Carnivoren, Primaten und dem Menschen, die andere von den Insectivoren und den Chiropteren. Gerade wie die Rückenmarkgefässe der ersten Gruppe im wesentlichen dieselbe Anordnung zeigen wie die der Vögel, wenn sie auch eine Stufe grösserer Komplikation erreichen, so stimmt auch die Entwickelung dieser Gefässe bei der ersten Gruppe in ihren allgemeinen Umrissen mit der Entwickelung der Rückenmarkgefässe bei Gallus domesticus überein.

Folglich führen meine Untersuchungen zu Ergebnissen, die etwas verschieden sind von denen, zu welchen His (loc. cit.) bei seiner Untersuchung über die Entwickelung der Blutgefässe des Rückenmarks menschlicher Embryonen gelangt ist. Dieser

Autor giebt nämlich an, dass die Gefässe zuerst an der ventralen Fläche des Marks auftreten, während man bei den obenerwähnten Säugetieren und bei Gallus findet, dass die ersten Gefässe der Medulla in den ventralen Teilen der lateralen Flächen gebildet werden; unmittelbar danach erscheinen die Gefässe in den lateralen Partien der ventralen Fläche. Dass die Gefässe zuerst lateral, und dann in den lateralen Teilen der ventralen Fläche auftreten, ist eine Notwendigkeit, wenn man bedenkt, dass sie zur Vaskularisation des Rückenmarkschlauches dienen — und dass dieser in seinem ersten Stadium ventral und dorsal von zwei dünnen Platten (Bodenplatte und Deckplatte) gebildet wird, lateral aber von zwei viel dickeren Schichten, aus denen sich die ganze graue Substanz entwickelt.

Ausserdem giebt His an, dass die A. spinalis anterior (Tractus arter. ventr.) durch Verschmelzung von zwei Aa. spinales anteriores (Tractus arter. primitivi) entsteht, wenn er auch nicht konstatiert hat, auf welche Weise dies geschieht, sondern dies nur theoretisch aus der Thatsache folgert, dass er bei einem Embryo von 13,8 mm die beiden Tractus arter. primitivi gesehen hat, bei einem anderen von 18 mm dagegen nur einen einzigen unpaaren Tractus finden konnte. Meine Untersuchungen gestatten mir aber die Behauptung aufzustellen, dass eine derartige Verschmelzung nicht stattfindet, und dass der Tractus arter. ventr. durch Rückbildung aufeinanderfolgender Teile der Tractus arter. primitivi, die bald rechts bald links von der Medianlinie liegen, zu Stande kommt.

Endlich nimmt His an, dass die definitiven Aa. sulci (Aa. centrales) durch Verschmelzung der ursprünglich vorhandenen paarigen Aa. sulci (Rr. dorsales tractuum arter. primitivorum) entstehen. Wenn die Sache sich so verhielte, müssten beim Erwachsenen die Aa. centrales unpaarig sein und in der Fissura medullaris sich jede in einen rechten und linken Ast teilen; in der That glaubt His, da er auf dem Standpunkt von Adamkiewicz steht, dass sich die Aa. centrales in dieser Weise verhielten. Die eingehenden Untersuchungen, die Kadyi

angestellt hat, haben jedoch nachgewiesen, dass die Aa. centrales beim erwachsenen Menschen alle entweder rechts oder links gehen und dass das, was Adamkiewicz für die Regel hielt, nur eine seltene Ausnahme ist; die von Hoche beim Kaninchen und Hunde, sowie die von mir bei vielen Ordnungen der Säugetiere gemachten Untersuchungen gestatten es, die Resultate Kadyis vollkommen zu bestätigen. Diese Betrachtung dürfte für sich allein genügen, um die Angabe von His zu widerlegen; ferner gestattet die an injizierten Embryonen angestellte Untersuchung der Entwickelung dieser Arterie jener Angabe direkt zu widersprechen und dafür zu behaupten, dass die definitiven Aa. centrales nicht aus einer Verschmelzung der Rr. dorsales tractuum arter. primit., sondern in der Weise entstehen, dass alle diese Äste aus dem Tractus art. ventr. entspringen, und dass einige der Anastomosen, welche die Tract. art. primitivi oder ihre Rr. dorsales miteinander verbinden, weiter werden. Übrigens entsteht auch in den wenigen oben erwähnten Fällen, in denen sich eine A. centralis (die dann richtiger R. dorsalis tractus arteriosi ventralis zu nennen wäre) nach dem Durchlaufen einer kurzen Strecke der Fissura medullaris in rechts und links gehende Äste teilt, diese A. centralis niemals durch Verschmelzung zweier ursprünglich getrennter Arterien, sondern sie hat die gleiche Entstehung wie die Rr. dorsales tractus arter. ventr. der Vögel.

Wenn nun auch zwischen der Entwickelungsweise der Markgefässe der Vögel und derjenigen der Säugetiergruppe, die wir eben betrachteten, in den Hauptlinien eine Übereinstimmung besteht, so machen sich doch viele Unterschiede bemerkbar, wenn man auf die Einzelheiten eingeht.

Vor allem sieht man, dass die Tract. arter. primit. bei den Säugetieren niemals einen solchen Grad der Entwickelung erlangen, wie sie ihn bei Gallus zeigen; beim Rindsembryo von 11,5 mm haben sie beinahe dasselbe Kaliber wie die anderen Gefässe der ventralen Fläche; während sie bei den Vögeln einen sehr regelmässigen Verlauf und ein gleichmässiges Kaliber

haben, zeigen sie bei den Säugetieren einen unregelmässig gebogenen Verlauf und viele und plötzlich auftretende Verschiedenheiten des Kalibers. Ausserdem bilden sie sich bei den Säugetieren sehr bald zurück, indem sie der Bildung des Tractus arter. ventr. weichen; bei den Vögeln bleiben sie dagegen lange Zeit erhalten.

Während bei den letzteren die Entwickelungsstufe des Tractus arter. ventr. eine um so weniger vorgeschrittene ist, je mehr man dem kaudalen Teil der Medulla näher kommt, nimmt derselbe bei den Säugetieren bis ungefähr zur Mitte des Lendenteiles derart zu, dass von dieser Stelle bis zum Anfang des Schwanzes der Tractus arter. ventr. ein geradezu enormes Kaliber und eine so grosse Regelmässigkeit erreicht, dass man diesem Abschnitt, in dem die genannten Charaktere auch noch im ausgewachsenen Zustand — wenn auch weniger deutlich — zu erkennen sind, unbedingt den Namen A. ventralis geben muss.

Auch die Rr. dorsales tractuum arter. primit. verhalten sich in etwas verschiedener Weise bei beiden Klassen; bei den Vögeln atrophieren nämlich Gruppen derselben in ihrem ventralen Teile und sie erhalten dann alle miteinander durch die Zunahme des Kalibers der Anastomosen, die sie im Innern des Septum medullare untereinander verbinden, ihren Ursprung von dem ventralen Teile eines R. dorsalis, an dem dieser Teil sich nicht zurückgebildet hat; auf diese Weise finden sich auch im ausgewachsenen Zustande Rr. dorsales tractus arter. ventr., die sich in Aa. centrales teilen. Bei den Säugetieren dagegen bleiben die Rr. dorsales tractuum art. primit. entweder geradezu bestehen und werden dann die Aa. centrales des ausgewachsenen Tieres — oder aber sie entspringen, wenn sie in ihrem ventralen Teil durch das Verschwinden des Tractus arter. primit., von dem sie herstammen, atrophieren, direkt von dem Tractus arter. ventr. Nur als Ausnahme sind auch im ausgewachsenen Zustande Rr. dorsales vorhanden, die sich in Aa. centrales teilen, — und in diesem Falle ist ihre Entstehung ähnlich der bei Gallus beobachteten.

Bei den Vögeln besorgen die Rr. dorsales tractuum arter. primit. lange Zeit hindurch (vom Embryo von 96 Stunden bis zu dem von 9 Tagen) allein die Ernährung der Nervensubstanz; dagegen entwickeln sich bei den Säugetieren sofort nach den genannten Rr. dorsales auch Aa. periphericae, die in das Rückenmark eindringen. Bei den Vögeln behalten die Arterien demnach viel längere Zeit einen rein centrifugalen Typus bei, als dies bei den Säugetieren der Fall ist.

Die Tractus arteriosi secundarii treten bei den letzteren früher auf als bei den Vögeln.

Sehr gross sind weiterhin die Verschiedenheiten in der Entwickelungsweise der Venen. In dieser Beziehung muss wegen der innigen Beziehungen, die — wenigstens in der ersten Zeit ihrer Bildung — zwischen den Rückenmarkvenen und den Venen der Endorhachis bestehen, hier erwähnt werden, dass bei den Vögeln drei Sinus der Endorhachis vorhanden sind: ein sehr grosser dorsaler und zwei ziemlich enge ventrale[1]); bei den Säugetieren findet man dagegen zwei grosse ventrale Sinus und statt eines dorsalen Sinus nur Andeutungen zweier kleiner lateraler Sinus; zu diesen Sinus kommen bei einigen Säugetieren noch die periduralen Venenplexus hinzu, die Abkömmlinge[2]) derselben sind.

Bei den Vögeln vereinigen sich die ventralen Venen der Medulla erst sehr spät zu zwei getrennten Systemen — einem der Meninx und einem der Endorhachis zugehörigen; das zweite System wächst sehr langsam und sehr wenig, indem es zur Bildung der kleinen Sinus ventrales endorhachidis des ausgewachsenen Tieres führt. Bei den Säugetieren dagegen erscheinen diese Sinus sehr bald (Embryo von 12,5 mm) und erreichen schnell ansehnliche Dimensionen.

Grösser noch sind die Verschiedenheiten, welche bei den Venen der Dorsalfläche zu finden sind. Bei Gallus bilden diese im Anfang ein sehr dichtes Netz, das zwischen

---

1) Genaueres siehe meine Arbeit über die Meningen, S. 1209—1210.
2) Genaueres siehe dieselbe Arbeit, Kap. VII.

der Medulla und den Wirbelanlagen gelegen ist; in dem Augenblick, in dem auch an dieser Fläche die Trennung zwischen Meninx primitiva und Endorhachis stattfindet, bleibt dieses Netz der Endorhachis anhaften; es bildet sich sehr bald in den Sinus dorsalis und seine Emissaria um. Bei Ovis und den anderen untersuchten Säugetieren dagegen bleibt das Venennetz, das dem von Gallus ähnlich ist, wenn die Trennung zwischen Meninx primitiva und Endorhachis stattfindet, der ersteren dieser Membranen anhaften und bildet sich in der Folge zu Venen der dorsalen Oberfläche der Medulla um.

Nachdem wir so die Charaktere der Entwickelung der Rückenmarksgefässe bei den Säugetieren der ersten Gruppe (Perissodactylen, Artiodactylen, Rodentien, Carnivoren, Homo) und die Verschiedenheiten gegenüber der Entwickelung der Rückenmarksgefässe der Vögel kennen gelernt haben, dürfte es nun von Interesse sein, zu untersuchen, wie diese Gefässe sich bei den Insectivoren und Chiropteren entwickeln, die im ausgewachsenen Zustand in dieser Beziehung Verhältnisse zeigen, welche von denen der anderen untersuchten Säugetiere so sehr verschieden sind. Unglückseligerweise wurde ich durch das Fehlen geeigneten Materials daran gehindert in dieser Hinsicht systematische Untersuchungen zu machen; ich habe nur zwei 5,5 mm lange Embryonen von Erinaceus europaeus und einen 4,2 mm langen Embryo von Talpa europaea untersuchen können; ich habe dabei Verhältnisse gefunden, die vollständig mit denen eines 9,5 mm langen Embryo von Ovis übereinstimmen. Sie zeigen nämlich wohl entwickelte Tractus arter. primit. mit ihren Rr. dorsales und laterales und ebensolche Aa. radical. dors.; die oberflächlichen Venen bilden 4 Systeme — ein ventrales, ein dorsales und zwei laterale — und die Gefässe der Nervensubstanz sind in der grauen Substanz netzförmig angeordnet. Die Veränderungen, die zu den eigenartigen Verhältnissen beim ausgewachsenen Tiere führen, treten also sehr spät auf und sind aller Wahrscheinlichkeit nach abhängig von dem schnellen Wachstum der Aa. radical. ventr. I^{ae}., welche für sich allein fast das ganze für die Ernährung der Medulla notwendige Blut

zuführen und deshalb die Tätigkeit der anderen Aa. radicales unnötig machen, die daher sehr dünn bleiben. Dies führt eine ansehnliche Vergrösserung und eine grosse Regelmässigkeit der A. ventralis herbei, die sich vermutlich in derselben Weise herausbildet wie bei den anderen Säugetieren.

Allgemeine Schlussbetrachtungen.

Nachdem wir die Entwickelung der Blutgefässe bei dem grössten Teil der Tierklassen kennen gelernt haben, dürfte es interessieren zu untersuchen, welche Charaktere allen Klassen gemeinsam und welche dagegen jeder derselben besonders eigentümlich sind, sowie die vergleichende Anatomie dieser Gefässe ihrer Entwickelung gegenüberzustellen um auf diese Weise womöglich Kriterien für ihre Phylogenese zu gewinnen.

Unter den gemeinsamen Charakteren in der Entwickelung der verschiedenen Klassen macht sich vor allem die Thatsache bemerkbar, dass die Gefässe zuerst in den ventralen Teilen der lateralen Rückenmarksfläche auftreten, sich dann auf die ventrale ausdehnen und sich zuletzt auch auf der dorsalen Fläche finden. Die Reihenfolge ihres Auftretens kann man, wie mir scheint, mit der Gestalt des Medullarrohres in Beziehung bringen, das im Anfang ventral und dorsal aus zwei dünnen Epithelplatten (Bodenplatte und Deckplatte) besteht, lateral aber aus zwei sehr dicken Schichten, in denen eine sehr lebhafte Zellvermehrung stattfindet. Da die Blutgefässe, die uns jetzt beschäftigen, die Ernährung der Nervensubstanz besorgen müssen, ist es natürlich, dass sie sich gerade an den Partien bilden, an denen ihre Gegenwart am notwendigsten ist.

Die Arterien des Rückenmarks stammen von den Aa. vertebro-medullares ab, die ihrerseits Äste der Aa. segmen-

tales oder deren Rr. dorsales sind. Die Aa. vertebro-medullares verlaufen immer medial von den Spinalnerven, und zwar deshalb, weil sie von den Aa. segmentales abstammen, die den Seiten der Chordascheide angelagert sind.

Das Blut der Aa. segmentales wird von Anfang an zum grössten Teil dem Rückenmark zugeführt; daraus geht hervor, dass das Rückenmark in den ersten Stadien eines der am besten ernährten Organe des Embryokörpers ist. Später — beim Auftreten der Rückenmuskel und bei der Differenzierung des Achsenmesenchyms in der Wirbelsäule — gestaltet sich die Sache so, dass sich das Blut der Aa. segmentales in grosser Menge auch an diese Bildungen verteilt, wobei jedoch die Menge des Blutes, das an die Medulla geht immer eine reichliche bleibt.

Jede A. vertebro-medullaris teilt sich in zwei Arten von Ästen, Rr. dorsales und Rr. ventrales; diese verteilen sich an der ventralen Fläche, jene beschränken sich zuerst darauf, die lateralen Flächen mit Blut zu versorgen, später breiten sie sich auch auf die dorsale Fläche aus.

Anfangs enden alle Äste der Aa. vertebro-medullares isoliert in starken Kapillaren, von denen Venen entspringen; aus diesem Grund sind einige Teile des Rückenmarks von arteriellem Blut bespült; andere Teile von venösem Blut. Die Cirkulation im Rückenmark hat daher einen ausgesprochen segmentären Charakter. In der Folge entstehen zwischen diesen Ästen Anastomosen, die zur Bildung wahrer Tractus arteriosi führen; von diesen lösen sich Äste ab, die sich an der Oberfläche der Medulla verteilen, welche auf diese Weise eine gleichförmige Cirkulation auf ihrer ganzen Länge bekommt.

Die Tractus arteriosi bilden sich zuerst auf der ventralen Fläche, sind anfangs paarig (Tractus arteriosi primitivi) und liegen seitwärts von der Bodenplatte; später treten auch welche an den lateralen Flächen auf (Tractus arter. laterales); diese sind immer zwischen den Anlagen der Ligamenta denticulata und den Ursprüngen der dorsalen Wurzeln gelegen.

Die Tractus arter. primitivi bilden sich zu einem einzigen paarigen und medianen Tractus arter. ventr. (seu A. ventralis) zurück.

Von den Tractus arter. primit. entspringen immer Rr. laterales, die sich auf der ventralen Fläche der Medulla verteilen; später entspringen — wenn man von den Selachii und Amphibia urodela absieht — immer auch Rr. dorsales von ihnen, die in das Innere der Medulla eindringen.

Auch die anderen an das Rückenmark gelangenden Arterien verteilen sich anfangs ausschliesslich an dessen Oberfläche und schicken erst spät Äste in dessen Inneres; deshalb findet in den ersten Entwickelungsstadien die Ernährung der Nervensubstanz auf indirekte Weise statt, später geschieht sie auch auf direkte Weise.

Die in das Rückenmark eindringenden Arterien verlaufen nach der grauen Substanz hin und enden in derselben; sehr spät, gleichzeitig mit dem Auftreten der Nervenfasern, geben sie auch Äste ab, die in der weissen Substanz enden; deshalb wird auch dann noch, abgesehen von sehr dünnen Ästen, der grösste Teil des Blutes der grauen Substanz zugeführt, die ja der lebhaftesten Ernährung bedarf. Diese Arterien enden in Kapillarnetzen; diese treten zuerst in der grauen Substanz auf, später in der weissen. Die ersteren sind immer dichter als die zweiten. Das sind Eigenschaften, die mit der grösseren funktionellen Thätigkeit der grauen Substanz im Vergleich zu der weissen Substanz in Beziehung stehen.

Aus der eben geschilderten Verteilungsweise der Arterien ergiebt sich, dass die Venen anfangs nur auf der Peripherie der Medulla, in weiter vorgeschrittenen Stadien aber auch in dessen Innerem entspringen; sie sammeln sich stets in grösseren Stämmen, die aus dem Wirbelkanal in Begleitung der Nervenwurzeln (Vv. radicales) austreten.

Die Venen bilden bei den jüngeren Embryonen eine einzige Schicht um das Rückenmark herum; sobald sich das Spatium perimeningeum bildet, finden wir statt der einen Venenschicht deren zwei, von denen die eine der Endorhachis, die andere der

Meninx angehört; diese letztere ergiesst sich direkt oder indirekt in die erstere.

Daher stimmt die Entwickelungsgeschichte mit der vergleichenden Anatomie darin überein, dass auch sie die engen Beziehungen, die von Anfang an zwischen den Venen der Medulla und ihren Meningen bestehen, nachweist.

Auch die Venen haben anfangs segmentären Charakter; später bilden sie longitudinale Stämme, welche diesen Charakter zu vermindern streben. Diese Stämme treten zuerst auf der ventralen Fläche auf, dann nacheinander auf der lateralen und auf der dorsalen Fläche. Die ventralen Venen bilden wenigstens in der ersten Zeit ihrer Entstehung zwei paarige Systeme, eins auf jeder Seite der A. ventralis, beziehungsweise des Tractus arter. ventralis.

Sowohl die Arterie wie die Venen der Meninx, die dem Rückenmark anhaftet, sind bei den weniger vorgeschrittenen Embryonen in einer einzigen Schicht angeordnet; mit dem Fortschreiten der Entwickelung bilden sie mehrere Schichten, aber im allgemeinen liegen die Gefässe grösseren Kalibers nach aussen von denen kleineren Kalibers.

Neben diesen den Wirbeltieren der verschiedenen Klassen gemeinsamen Charakteren findet man andere, die nur einzelnen derselben eigen sind und in den Schlussfolgerungen der einzelnen Kapitel besonders hervorgehoben wurden; hier beschränke ich mich darauf diejenigen hervorzuheben, denen die grösste Bedeutung zukommt.

Vor allem macht man die Erfahrung, dass die Tractus arter. primitivi, da sie bei allen Wirbeltieren, deren Entwickelung ich studiert habe, transitorische Gefässe sind, überall um so kleineres Kaliber und geringere Regelmässigkeit zeigen, je mehr man in der Tierreihe aufwärts steigt; um sich von dieser Thatsache zu überzeugen, braucht man nur Fig. 11 und Fig. 30 mit einander zu vergleichen.

Während bei den Elasmobranchii die Tractus arter. primitivi zu einer einzigen A. ventralis verschmelzen, findet bei den Chelonia, den Vögeln und den Säugetieren eine solche

Verschmelzung nicht statt, sondern einzelne Partien des eben genannten Tractus bilden sich zurück, verschwinden bald rechts und bald links und führen auf diese Weise zur Bildung eines einzigen Tractus. Wie sich die Tractus arter. primit. der Amphibien verhalten, ist mir nicht gelungen mit Sicherheit nachzuweisen. Bei den Urodelen scheinen mir jedoch ähnliche Verhältnisse vorzukommen, wie bei den Fischen.

Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass bei vielen Wirbeltieren statt eines Tractus arter. ventr. eine wirkliche A. ventralis vorhanden ist; die Entwickelung dieser Arterie zeigt, dass sie auf ähnliche Weise entsteht, wie der Tractus, dass sie aber in der Folge den grössten Teil des Blutes aus den Aa. radical. ventr. I^{ae} erhält, während die anderen Aa. radicales ventrales an Kaliber abnehmen und deshalb die Charaktere annehmen, die sie im ausgewachsenen Zustand zeigen. Im Lendenteil des Tractus arter. ventr. wiederholen sich bei der Mehrzahl der Säugetiere diese Verhältnisse, da eine A. radicalis ventr. lumbalis sehr schnell an Volumen zunimmt und beinahe für sich allein das Blut liefert, das in dem Lendenteil des Tractus ventralis cirkuliert.

Bei der Mehrzahl der Wirbeltiere dringen die Gefässe zuerst von der ventralen Fläche aus in die Medulla, dann von den lateralen und zuletzt von den dorsalen. Von diesem allgemeinen Verhalten machen nur die Amphibia urodela eine Ausnahme, deren Gefässe zuerst von den lateralen Flächen aus eindringen. Bei den Amphibien anuren, den Reptilien, den Vögeln und den Säugetieren beginnt dieses Eindringen von den ventralen Furchen aus, welche die Bodenplatte lateral begrenzen und dem Fundus der Fissura medullaris beim Erwachsenen entsprechen; bei den Fischen (Selachii) findet es an der Grenze zwischen mittlerem Drittel und den beiden lateralen Dritteln der ventralen Fläche statt. Deshalb sind die Arterien der Medulla ursprünglich entweder centripetal oder centrifugal; das gleichzeitige Vorkommen centripetaler und centrifugaler Arterien (gemischte Verteilung) ist sekundär und wird stets dadurch bewirkt, dass nach dem Erscheinen centrifugaler Arterien centri-

petale Arterien auftreten. Die embryologischen Untersuchungen erlauben es nicht festzustellen, welche der beiden Verteilungsarten — die centripetale oder die centrifugale — die primitive ist, da bald die eine bald die andere zuerst auftritt; nur soviel ist sicher, dass die centrifugale Verteilung am häufigsten zu beobachten ist.

Die Blutgefässe können auf zweierlei Art in das Rückenmark eindringen. Bei dem grössten Teil der Wirbeltiere geschieht das Eindringen der Gefässe mittelst zuerst solider, dann

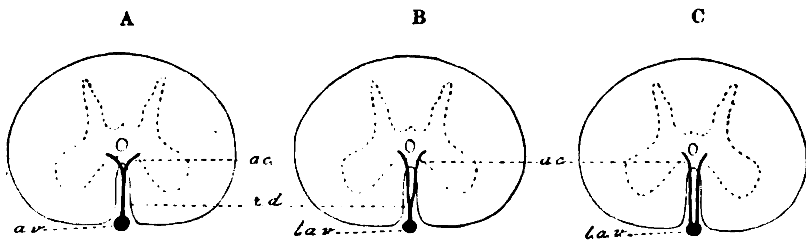


Fig. 37.

Schema zur Veranschaulichung der Anordnung der Rr. dorsales tractus arteriosi (bezüglich Arteriae) ventralis und der Aa. centrales:
A bei den Amphibia anura, bei den Sauria und den Ophidia,
B bei den Vögeln,
C bei den Säugetieren.
a. v. Arteria ventralis; t. a. v. Tractus arter. ventralis; r. d. Ramus dorsalis; a. c. Arteria centralis.

hohler Divertikel, die von den peripheren Gefässen stammen, während es bei den Amphibia urodela und bei vielen Sauriern dadurch zu stande kommt, dass hohle Schlingen, die durch das Hineinbiegen oberflächlicher Gefässe gebildet werden, in die Medulla eindringen.

Die bei den ausgewachsenen Vertebraten gefundenen Verhältnisse gestatteten bereits festzustellen, dass die Aa. centrales anfangs aus unpaaren Rr. dorsales der A. ventralis entstehen und dass diese Äste in der Folge allmählich abnehmen, bis sie ganz verschwinden, so dass die Aa. centrales schliesslich direkt aus der A. seu Tractus art. ventralis entspringen. Das Schema auf S. 356 dient gerade dazu dieses verschiedene Verhalten der Aa. centrales zu veranschaulichen. Die

Entwickelungsgeschichte zeigt, dass die Bildung der Rr. dorsales und der Aa. centrales anfangs bei allen Vertebraten die gleiche ist; in dem Masse, in welchem diese Bildung weiter fortschreitet, bilden sich Eigenschaften heraus, die schliesslich zu den Verhältnissen des ausgewachsenen Zustandes führen.

Wenn man nun die Charaktere, die der Entwickelung der Blutgefässe aller Wirbeltiere gemeinsam ist, mit den allgemeinen Ergebnissen der anatomischen Untersuchungen vergleicht, dann findet man, dass zwischen den einen und den anderen eine Übereinstimmung vorhanden ist, so dass man auch annehmen kann, dass diese Charaktere — wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit — Stufen der Phylogenese dieser Gefässe darstellen.

Litteratur-Verzeichnis.

1. Adamkiewicz, A., Die Blutgefässe des menschlichen Rückenmarkes. I. Teil: Die Gefässe der Rückenmarkssubstanz. — Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-naturwiss. Klasse, Bd. LXXXIV, III. Abt. S. 469—501. 1881.
2. — Die Blutgefässe des menschlichen Rückenmarkes. II. Teil: Die Gefässe der Rückenmarksoberfläche. — Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-naturwiss. Kl. Bd. LXXXV, III. Abt. 1882, S. 101—130.
3. Ahlhorn, F., Untersuchungen über das Gehirn der Petromyzonten. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXXIX, 1883.
4. S. Aurelii Augustini, De Genesi ad Litteram. Lib. XII, in S. Augustini, Opera omnia, T. IV, Pars I, Venetiis 1840.
5. — De Civitate Dei. — Lib. XIX, Cap. IV, Lipsiae 1877.
6. Bojanus, L. H., Anatome testudinis europeae. Vilnae, typis Zawadzki, 1819—1821.
7. Celsi A. Cornelii, De medicina. Lib. VIII, Cap. I. — Recens. C. Daremberg, Lipsiae 1859.
8. Chauveau et Arloing, Traité d'anatomie comparée des animaux domestiques. Paris 1890.
9. Ellenberger, W. und Baum, H., Systematische und topographische Anatomie des Hundes. — Berlin 1891.
10. *ΓΑΛΗΝΟΥ ΚΛΑΥΔΙΟΥ ΑΠΑΝΤΑ.* Edit. curavit D. C. G. Kühn, Lipsiae, 1828 (*ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ ΤΟ ΠΕΡΙ ΑΡΘΡΩΝ, α'* und *κϑ'*).
11. Gaupp, E., A. Eckers und R. Wiedersheims Anatomie des Frosches auf Grund eigener Untersuchungen durchaus neu bearbeitet. II. Abt. 1. H. Braunschweig 1897.
12. Gellii, A, Noctium atticarum Libri XX. — Ex recens. M. Hertz, Lipsiae 1886 (Lib. III, Cap. X).
13. Goette, A., Die Entwickelungsgeschichte der Unke (Bombinator igneus) als Grundlage einer vergleichenden Morphologie der Wirbeltiere. Leipzig 1875.
14. Gorraei, Jo., Definitionum medicarum Lib. XXIII. Francofurti ad Moenum 1678.

15. *ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ ΑΠΑΝΤΑ.* Edit. curavit D. C. G. Kühn, Lipsiae 1821 (*ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ ΜΟΧΛΙΚΟΝ* und *ΠΕΡΙ ΑΡΘΡΩΝ*).
16. His, W., Die Häute und Höhlen des Körpers. Akademisches Programm. Basel 1865.
17. — Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarkes und der Nervenwurzeln. Abhandl. d. math.-physischen Klasse d. k. Sächsischen Gesellsch. d. Wiss. Bd. XIII, Nr. 6. Leipzig 1886.
18. — Die anatomische Nomenklatur, Nomina anatomica, Leipzig 1895.
19. Hyrtl, J., Das arterielle Gefässsytem der Rochen. Denkschriften der k. Akad. d. Wissensch., math.-naturwiss Klasse Bd. XV, 1. Abt. Wien 1858.
20. — Onomatologia anatomica. Wien 1880.
21. Hoche, A., Vergleichend-Anatomisches über die Blutversorgung der Rückenmarksubstanz. Zeitschr. f. Morphol. und Anthrop. Bd. 1, 1899.
22. Hofmann, M., Zur vergleichenden Anatomie der Gehirn- und Rückenmarksarterien der Vertebraten. Zeitschr. f. Morphologie und Anthropologie Bd. II, H. 2. Stuttgart 1900.
23. — Zur vergleichenden Anatomie der Gehirn- und Rückenmarksvenen der Vertebraten. Zeitschr. f. Morphologie und Anthropologie Bd. III, H. 2. Stuttgart 1901.
24. Julin, Ch., Recherches sur l'appareil vasculaire et le système nerveux periphérique de l'Ammocoetes (Petromyzon Planeri). Archives de Biologie T. VII, Fasc. 4, 1890.
25. Kadyi, H., Über die Blutgefässe des menschlichen Rückenmarkes. Lemberg 1889.
26. Leunis, J., Synopsis der Tierkunde. III. Aufl. 1. Bd. Hannover 1883.
27. Mayer, P., Über Eigentümlichkeiten in den Kreislaufsorganen der Selachier. Mitt. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. VIII. Berlin 1888.
28. Müller, C., In „Leiserings u. Müllers Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haussäugetiere. VI. Aufl." Berlin 1885.
29. Nansen, J., The structure and combination of the histological elements of the central nervous system. Bergens Mus. Aarsberetn. 1886.
30. O'Neil, H. M., Hirn- und Rückenmarks-Hüllen bei Amphibien. Morphologische Arbeiten, herausg. von Prof. Schwalbe. Bd. VIII, H. 1. 1898.
31. Parker, T. J., On the Blood-Vessels of Mustelus Antarcticus: a Contribution to the Morphology of the Vascular System in the Vertebrata. Philosoph. Transact. of the R. Society of London for the year 1886. Vol. 177, P. 2. London 1887.
32. Plini, Secundi C., Naturalis Historia Libri XXXVII. Recogn. L. Janus. Lipsiae 1856. (Lib. XI, Sect. 67).
33. Rathke, H., Bemerkungen über die Carotiden der Schlangen. Denkschriften der k. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Klasse, Bd. XI, 2. Abt. Wien 1856.
34. — Untersuchungen über die Aortenwurzeln und die von ihnen ausgehenden Arterien der Saurier. Denkschriften d. k. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Klasse. Bd. XIII, 2. Abt. Wien 1857.
35. Renaut, J., Traité d'Histologie pratique. T. II, Fasc. 2. Paris 1899.

36. Rex, H., Beiträge zur Morphologie der Hirnvenen der Elasmobranchier. Morphol. Jahrbuch, Bd. XVII, 1891.
37. Ross, J., Distribution of the arteries of the spinal cord. „Brain" Journal of Neurology. P, IX, 1880,
38. Rüdinger, N., Über die Verbreitung des Sympathicus in der animalen Röhre, dem Rückenmark und Gehirn. München 1863.
39. Schöbl, J., Über eine eigentümliche Schleifenbildung der Blutgefässe im Gehirn und Rückenmark der Saurier. Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. XV, 1878.
40. — Über die Blutgefässe des cerebro-spinalen Nervensystems der Urodelen. Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. XX. 1882.
41. Sterzi, G., Sopra lo sviluppo delle arterie della midolla spinale. Verhandl. d. anat. Gesellsch. a. d. XIV. Versammlung. 1900.
42. — Ricerche intorno all' anatomia comparata ed all' ontogenesi delle meningi. P. I: Meningi midollari. Atti del R. Istit. Veneto di Sc., Lett. ed Arti. T. LX, Pte 2. 1901.
43. — I vasi sanguigni della midolla spinale degli uccelli. Archivio Ital. di Anatomia e di Embriologia. Vol. II, Fasc. 1. 1903.
44. Stieda, L., Studien über das centrale Nervensystem der Vögel und Säugetiere. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XIX, 1869.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I—IV.

Für alle Figuren gültige Bezeichnungen:

a. b. Arteria basilaris.
a. c. Arteria centralis.
a. m. Arteria medullaris.
A. p. Arteria peripherica.
A. r. d. Arteria radicalis dorsalis.
A. r. v. Arteria radicalis ventralis.
A. r. v. I Arteria radicalis ventralis prima.
A. v. m. Arteria vertebro-medullaris.
c Circulus arteriosus.
f. l. Fasciculus longitudinalis inferior s. ventralis.
L. d. Ligamentum denticulatum.
L. v. Ligamentum ventrale.
P. d. Plexus dorsalis.
R. Ramus dorsalis arteriae medullaris.
R. c. Ramus communicans.
R. d. Ramus dorsalis aa. vertebro-medullarium.
R. l. Ramus lateralis tractus arteriosi ventralis.
R. v. Ramus ventralis a. vertebro-medullaris, der in dem Tractus arteriosus s. Arteria ventralis mündet.
R. v'. Ramus ventralis a. vertebro-medullaris, der in der Ventralfläche des Rückenmarks sich ausbreitet.
s. Schlinge.
S. Sinus rhomboidalis.
T. a. l. Tractus arteriosus lateralis.
T. a. p. Tractus arteriosus primitivus.
T. a. v. Tractus arteriosus ventralis.
T. a. vl. Tractus arteriosus ventro-lateralis.
T. s. Transversale Strängchen.

T. v. d. Tractus venosus dorsalis.
T. v. dl. Tractus venosus dorso lateralis.
T. v. fm. Tractus venosus fissurae medullaris.
T. v. l. Tractus venosus lateralis.
T. v. md. Tractus venosus medianus dorsalis.
T. v. mv. Tractus venosus medianus ventralis.
T. v. v. Tractus venosus ventralis.
T. v. vl. Tractus venosus ventro-lateralis.
V. c. Vena centralis.
V. d. Vena dorsalis.
V. i. Vena intervertebralis.
V. l. Vena limitans.
V. ll. Vena lateralis.
V. m. d. Vena mediana dorsalis.
V. m. v. Vena mediana ventralis.
V. n. h. Vena nervi hypoglossi.
V. p. Vena peripherica.
V. pd. Vena peripherica mediana dorsalis.
V. r. d. Vena radicalis dorsalis.
V. r. v. Vena radicalis ventralis.
V. s. Vena stellata.
V. v. Vena ventralis.
V. vl. Vena ventro-lateralis.

Tafel I.

Fig. 1. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Petromyzon marinus. (Vergr. 3 : 1.)

Fig. 2. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Petromyzon marinus. (Vergr. 3 : 1.)

Fig. 3. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Acanthias vulgaris. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 4. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Acanthias vulgaris. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 5. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von einem kleinen Acipenser sturio. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 6. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von demselben Acipenser sturio. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 7. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Triton cristatus. (Vergr. 3 : 1.)

Fig. 8. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Triton cristatus. (Vergr. 3 : 1.)

Fig. 9. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Rana esculenta. (Vergr. 3 : 1.)

Fig. 10. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Rana esculenta. (Vergr. 3 : 1.)

Fig. 11. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Lacerta viridis. (Vergr. 4 : 1.)

Fig. 12. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Lacerta viridis. (Vergr. 4 : 1.)

Fig. 13. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Tropidonotus natrix. (Vergr. 4 : 1.)

Fig. 14. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Tropidonotus natrix. (Vergr. 4 : 1.)

Fig. 15. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Emys lutaria. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 16. Blutgefässe der Dorsalfläche des Rückenmarks von Emys lutaria. (Vergr. 2 : 1.)

Tafel II.

Fig. 1. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Gallus domesticus, in der Halsanschwellung. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 2. Desgleichen der Dorsalfläche.

Fig. 3. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Gallus domesticus in der Lumbalanschwellung. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 4. Desgleichen der Dorsalfläche.

Fig. 5. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Equus caballus: natürliche Grösse.

Fig. 6. Desgleichen der Dorsalfläche.

Tafel III.

Fig. 1. Ventralfläche der Halsanschwellung von Lepus cuniculus. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 2. Dorsalfläche dergleichen.

Fig. 3. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Erinaceus europaeus. (Vergr. 2 : 1.)

Fig. 4. Desgleichen der Dorsalfläche.

Fig. 5. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Canis familiaris. (Vergr. 2 : 1) in der Halsregion.

Fig. 6. Desgleichen der Dorsalfläche.

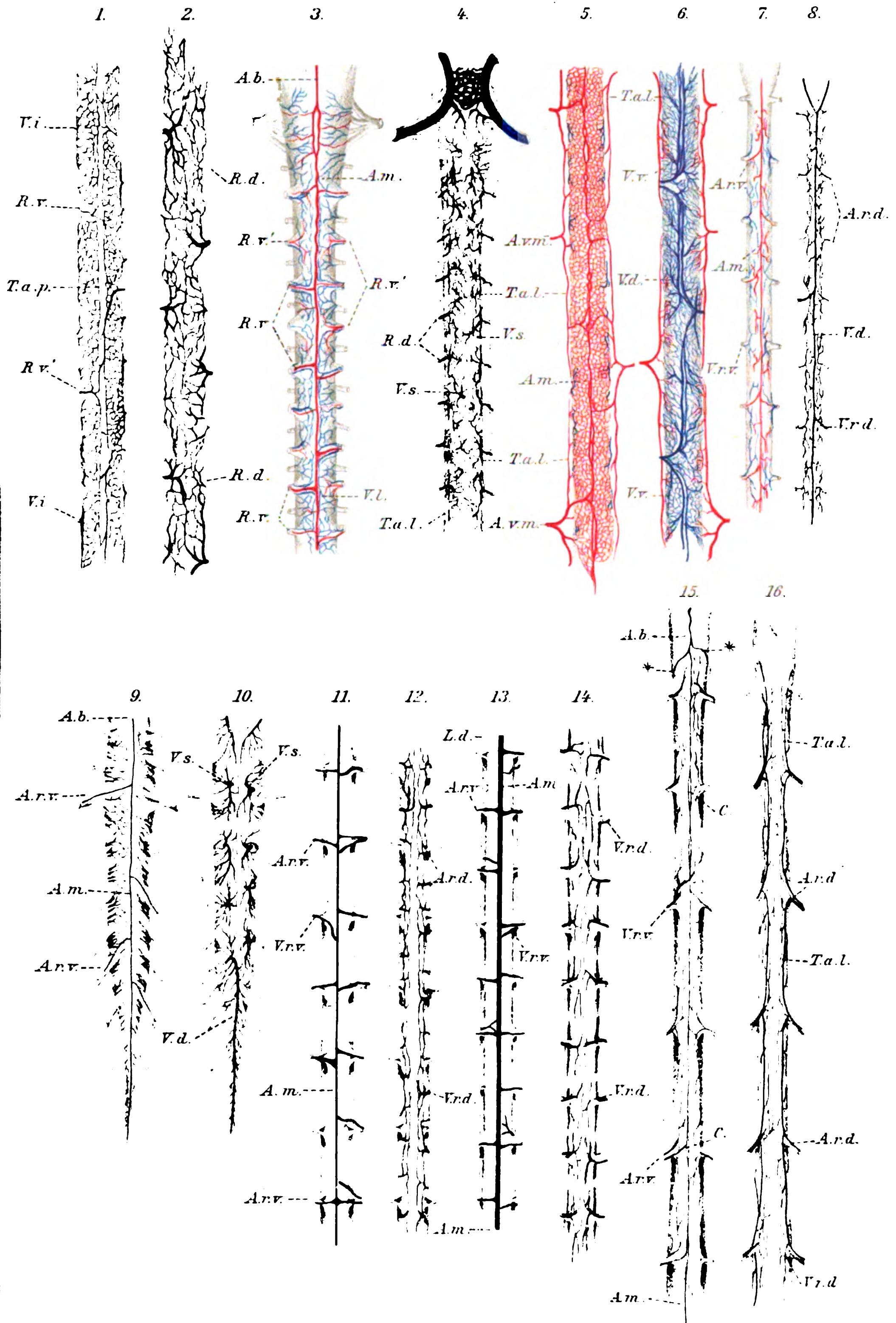
Fig. 7. Blutgefässe der Ventralfläche des Rückenmarks von Rhinolophus ferrum equinum. (Vergr. 2 : 1).

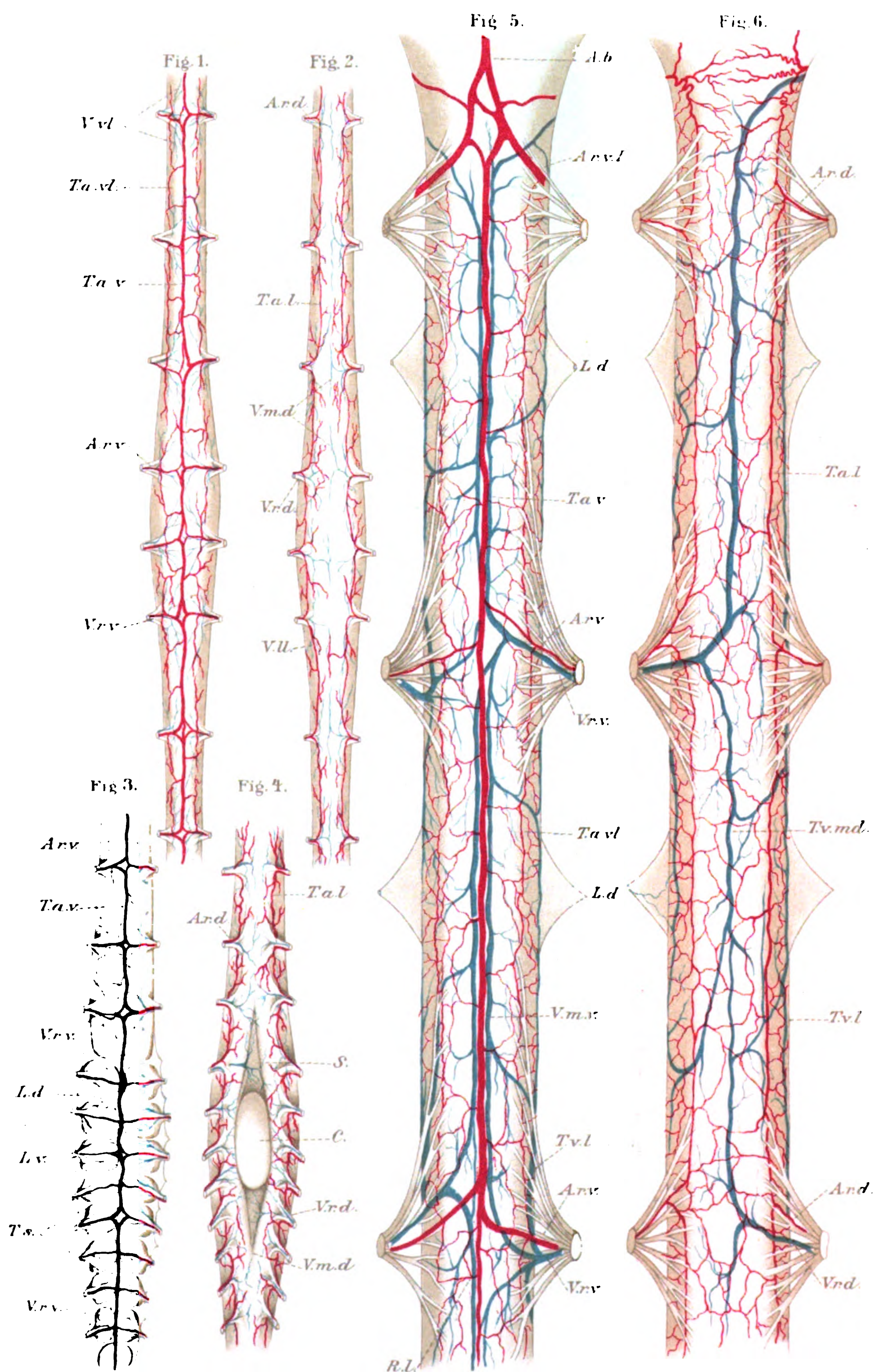
Fig. 8. Desgleichen der Dorsalfläche.

Tafel IV.

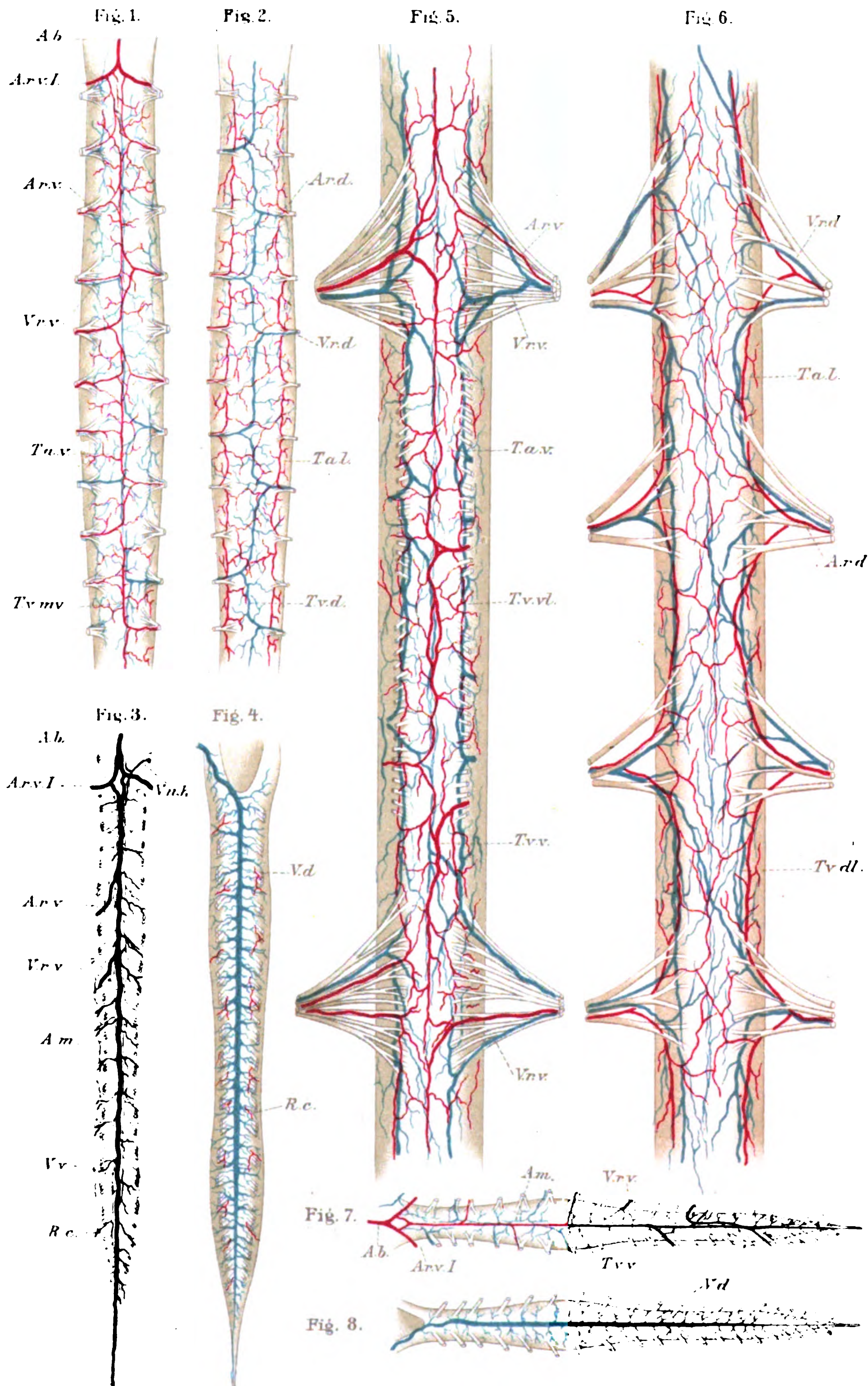
Alle Figuren sind halbschematisch.

Fig. 1.	Acanthias vulgaris.	Gefässe der Rückenmarksubstanz.
Fig. 2.	Triton cristatus.	" " "
Fig. 3.	Rana esculenta.	" " "
Fig. 4.	Lacerta viridis.	" " "
Fig. 5.	Tropidonotus natrix.	" " "
Fig. 6.	Emys lutaria.	" " "
Fig. 7.	Alligator mississippiensis.	" " "
Fig. 8.	Gallus domesticus.	" " "
Fig. 9.	Equus caballus.	" " "

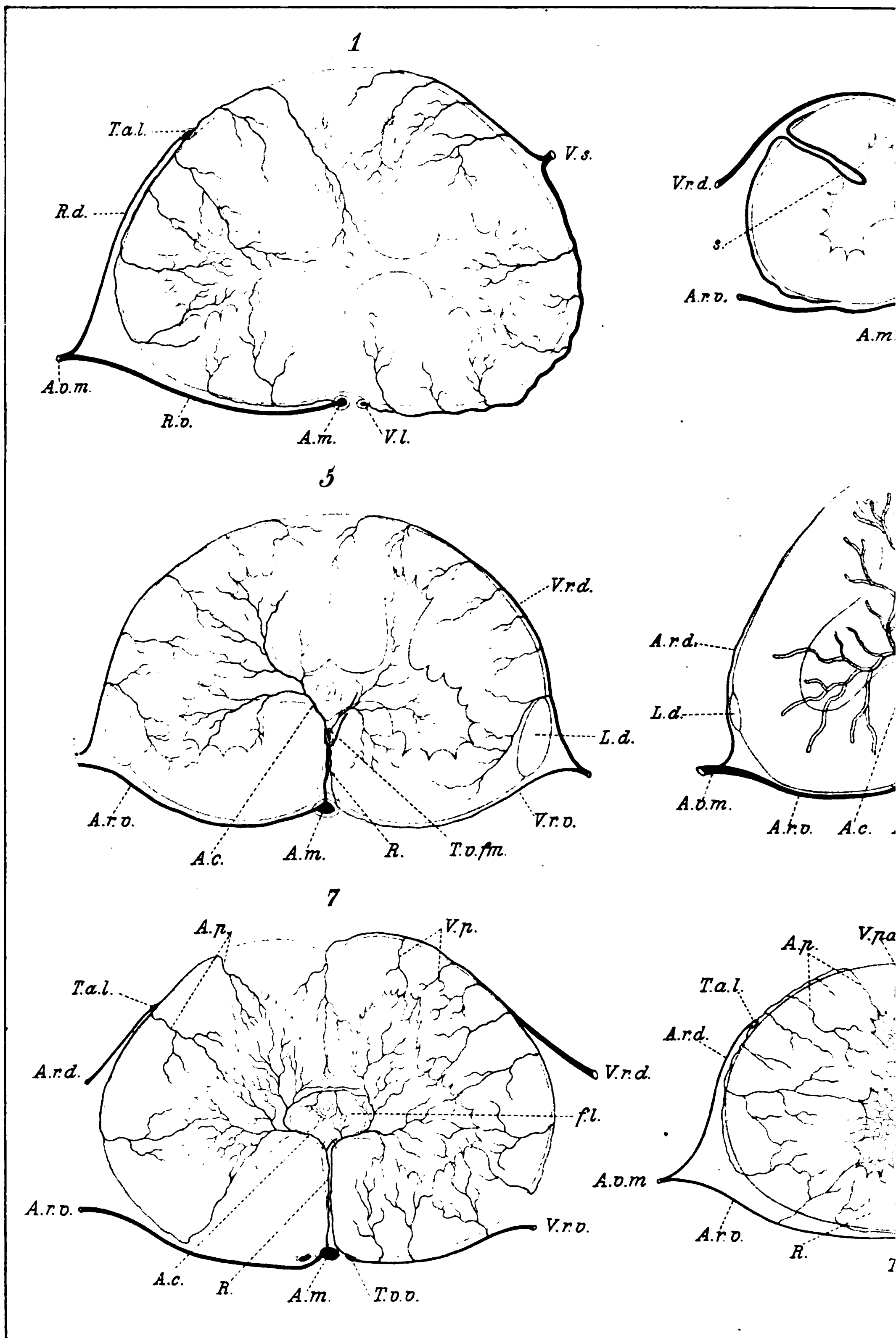

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
V.i.
R.v.
T.a.p.
R.v.'
V.i.
R.d.
R.d.
A.b.
A.m.
R.v.'
R.v.'
R.v.
R.v.
V.l.
R.d.
V.s.
V.s.
T.a.l.
A.v.m.
T.a.l.
V.s.
T.a.l.
A.v.m.
A.m.
T.a.l.
V.v.
V.d.
V.v.
A.r.v.
A.m.
V.r.v.
A.r.d.
V.d.
V.r.d.
15.
16.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
A.b.
A.r.v.
A.m.
A.r.v.
V.s.
V.s.
V.d.
A.r.v.
V.r.v.
A.m.
A.r.v.
A.r.d.
V.r.d.
A.m.
L.d.
A.r.v.
A.m.
V.r.v.
V.r.d.
V.r.d.
A.b.
C.
V.r.v.
C.
A.r.v.
A.m.
T.a.l.
A.r.d.
T.a.l.
A.r.d.
V.r.d.



Verlag von J. F. Bergmann, Wiesbaden.

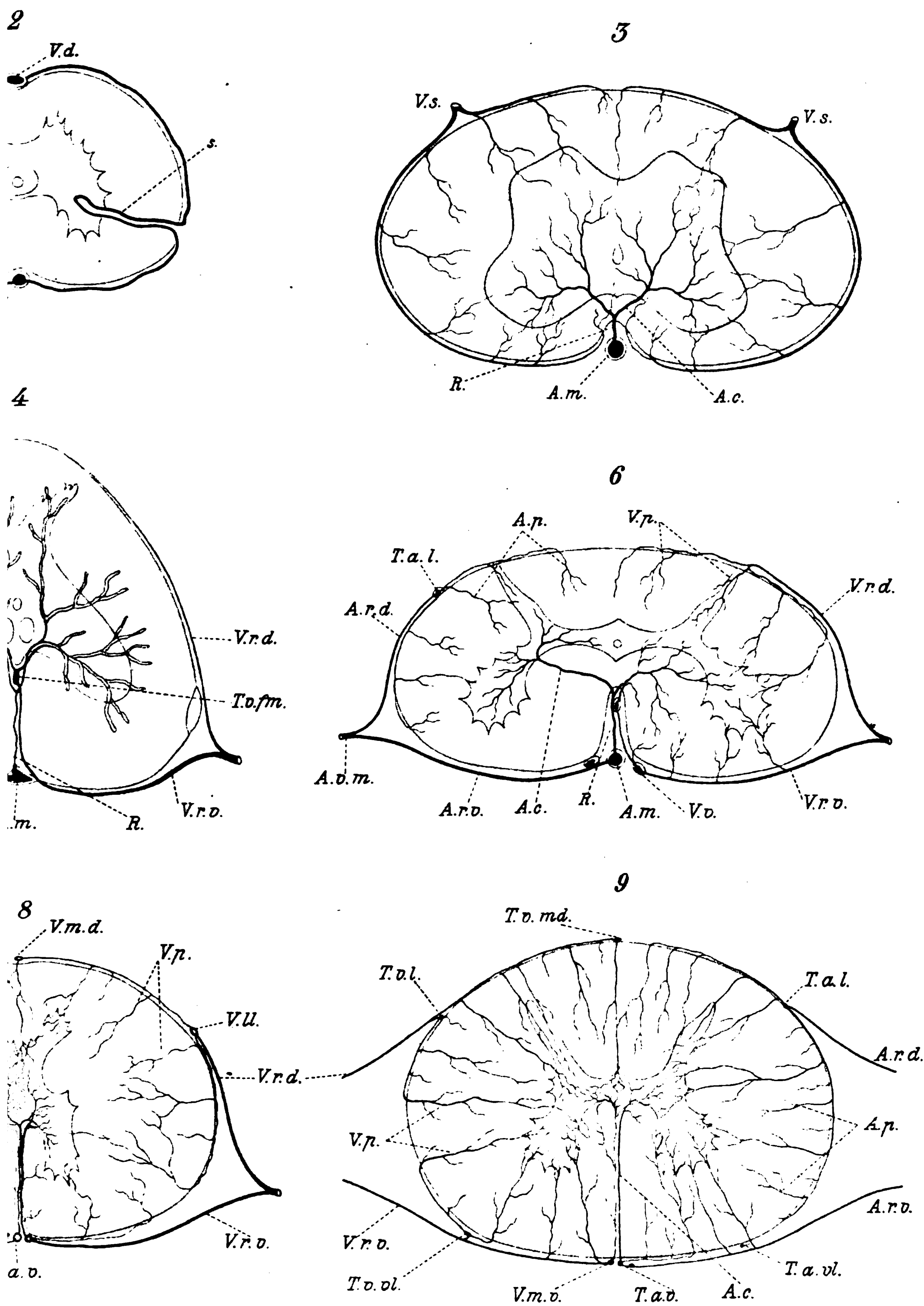


Verlag von J. F. Bergmann, Wiesbaden.



G. Sterzi del.

Lith. Anst. v.



Joras Cassel.
Verlag v. J. F. Bergmann. Wiesbaden

Über die

Ätiologie des Carcinoms

mit besonderer Berücksichtigung

der

Carcinome des Scrotums,

der

Gallenblase und des Magens.

Von

Prof. **Dr. Gustav Fütterer,** Chicago.

Mit 32 Abbildungen im Text und 3 farbigen Abbildungen auf Tafeln.

Preis Mark 4.—.

Auszug aus dem Inhaltsverzeichnis:

Verlag von J. F. Bergmann in Wiesbaden.

Grenzfragen des Nerven- und Seelenlebens.

Im Vereine mit hervorragenden Fachmännern des In- und Auslandes

herausgegeben von

Dr. L. Löwenfeld in München. und **Dr. H. Kurella** in Breslau.

I. **Somnambulismus und Spiritismus.** Von Dr. med. Loewenfeld in München. M. 1.—

II. **Funktionelle und organische Nervenkrankheiten.** Von Prof. Dr. H. Obersteiner in Wien. M. 1.—

III. **Ueber Entartung.** Von Dr. P. J. Möbius in Leipzig. M. 1.—

IV. **Die normalen Schwankungen der Seelenthätigkeiten.** Von Dr. J. Finzi in Florenz, übersetzt von Dr. E. Jentsch in Breslau. M. 1.—

V. **Abnorme Charaktere.** Von Dr. J. L. A. Koch in Cannstatt. M. 1.—

VI/VII. **Wahnideen im Völkerleben.** Von Dr. M. Friedmann in Mannheim M. 2.—

VIII. **Ueber den Traum.** Von Dr. S. Freud in Wien. M. 1.—

IX. **Das Selbstbewusstsein, Empfindung und Gefühl.** Von Prof. Dr. Th. Lipps in München. M. 1.—

X. **Muskelfunktion und Bewusstsein.** Eine Studie zum Mechanismus der Wahrnehmungen. Von Dr. E. Storch in Breslau. M. 1.20

XI. **Die Grosshirnrinde als Organ der Seele.** Von Prof. Dr. Adamkiewicz in Wien. M. 2.—

XII. **Wirtschaft und Mode.** Von W. Sombart, Breslau. M. —.80

XIII. **Der Zusammenhang von Leib und Seele das Grundproblem der Psychologie.** Von Prof. W. Schuppe in Greifswald. M. 1.60

XIV. **Die Freiheit des Willens vom Standpunkte der Psychopathologie.** Von Professor Dr. A. Hoche in Strassburg. M. 1.—

XV. **Die Laune.** Eine ärztlich-psychologische Studie. Von Dr. Ernst Jentsch in Breslau. M. 1.20

XVI. **Die Energie des lebenden Organismus und ihre psycho-biologische Bedeutung.** Von Prof. Dr. W. v. Bechterew in St. Petersburg. **M. 3.—.**

XVII. **Ueber das Pathologische bei Nietzsche.** Von Dr. med. P. J. Möbius, Leipzig. M. 2.80

XVIII. **Ueber die sogen. Moral insanity.** Von Med.-Rat Dr. Naecke in Hubertusburg. M. 1.60

XIX. **Sadismus und Masochismus.** Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. A. Eulenburg in Berlin. M. 2.—

XX. **Sinnesgenüsse und Kunstgenuss.** Von Prof. Karl Lange in Kopenhagen. Nach seinem Tode herausgegeben von Dr. Hans Kurella in Breslau. M. 2.—

XXI. **Ueber die geniale Geistesthätigkeit** mit besonderer Berücksichtigung des Genie's für bildende Kunst. Von Dr. L. Loewenfeld in München. M. 2.80

XXII. **Psychiatrie und Dichtkunst.** Von Dr. G. Wolff in Basel. M. 1.—

XXIII. **„Bewusstsein — Gefühl".** Eine psycho-physiologische Untersuchung. Von Prof. Dr. Oppenheimer, Heidelberg. M. 1.80

XXIV. **Beiträge zur Psychologie des Pessimismus.** Von Dr. A Kowalewski in Königsberg (O.-P.). M. 2.80

Inhalt.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz, Würzburg.

